(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
2022年5月19日(19.05.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/101892 A1

(51) 国際特許分類:
B64C 39/02 (2006.01) *G01B 11/00* (2006.01)
B64D 45/08 (2006.01) *B64F 1/18* (2006.01)
B64D 47/08 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/IB2022/050229

(22) 国際出願日： 2022年1月13日(13.01.2022)

(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 2020-189569 2020年11月13日(13.11.2020) JP

(71) 出願人: 三菱重工業株式会社 (**MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.**) [JP/JP]; 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 森智史(**MORI, Satoshi**); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). 小島徹(**KOJIMA, Toru**); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP). ▲高▼木克実(**TAKAGI, Katsumi**); 〒1008332 東京都千代田区丸の内三丁目２番３号 三菱重工業株式会社内 Tokyo (JP).

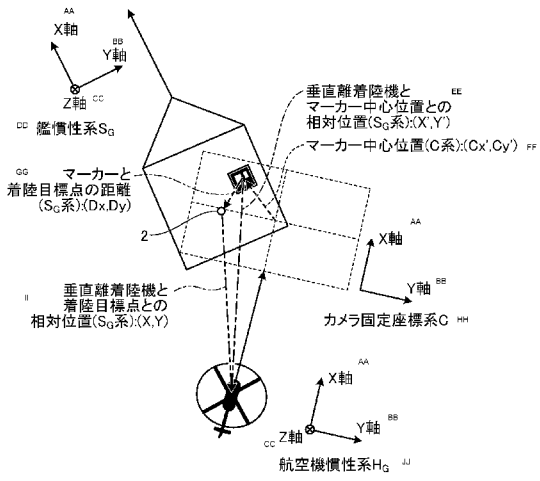
(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (**SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE**); 〒1000013 東京都千代田区霞が関３丁目８番１号 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, 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,

(54) **Title:** AUTOMATIC LANDING SYSTEM FOR VERTICAL TAKE-OFF AND LANDING AIRCRAFT, VERTICAL TAKE-OFF AND LANDING AIRCRAFT, AND LANDING CONTROL METHOD FOR VERTICAL TAKE-OFF AND LANDING AIRCRAFT

(54) 発明の名称： 垂直離着陸機の自動着陸システム、垂直離着陸機および垂直離着陸機の着陸制御方法

[図3]



AA X axis
BB Y axis
CC Z axis
DD Ship inertial system S_G
EE Relative positioning of vertical take-off and landing aircraft and marker center position (S_G system) : (X', Y')
FF Marker center position (C system) : (Cx', Cy')
GG Distance between marker and target landing site (S_G system) : (Dx, Dy)
HH Camera-fixed coordinate system C
II Relative positioning of vertical take-off and landing aircraft and target landing site (S_G system) : (X, Y)
JJ Aircraft inertial system H_G

(57) **Abstract:** This automatic landing system for a vertical take-off and landing aircraft comprises: a camera mounted on a vertical take-off and landing aircraft; a relative positioning acquisition unit that performs image processing on an image obtained by using the camera to capture an image of a marker group provided at a target landing site, and acquires the relative positioning of the vertical take-off and landing aircraft and the target landing site; and a control unit that controls the vertical take-off and landing aircraft so that the relative positioning becomes zero, wherein the marker group includes a plurality of markers that have been aligned such that the center positions thereof are mutually different, markers positioned at sites distant from the target landing site are larger, and the relative positioning acquisition unit acquires the relative positioning on the basis of the distance between the target landing site and the markers recognized in the image.

WO 2022/101892 A1

[続葉有]

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, 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))

— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正を受理した際には再公開される。 (規則48.2(h))

— 優先権主張に対する優先権の回復のための請求に関する情報 (規則26の2.3及び48.2(b)(vii))

(57) 要約: 垂直離着陸機の自動着陸システムは、垂直離着陸機に搭載されたカメラと、カメラで着陸目標点に設けられたマーカー群を撮影した画像に画像処理を施し、垂直離着陸機と着陸目標点との相対位置を取得する相対位置取得部と、相対位置がゼロになるように、垂直離着陸機を制御する制御部と、を備え、マーカー群は、互いに中心位置を異ならせて並べて設けられる複数のマーカーを含み、マーカーは、着陸目標点から離れた位置に配置されるものほど大きく、相対位置取得部は、画像内で認識したマーカーと着陸目標点との距離に基づいて、相対位置を取得する。44

明　細　書

発明の名称 ：

垂直離着陸機の自動着陸システム、垂直離着陸機および垂直離着陸機の着陸制御方法

技術分野

[0001]　本発明は、垂直離着陸機の自動着陸システム、垂直離着陸機および垂直離着陸機の着陸制御方法に関する。

背景技術

[0002]　従来、垂直離着陸機を着陸目標点へと誘導するための技術が知られている。例えば、特許文献１には、飛行体に搭載された撮像装置で取得した離着陸ターゲットの像に基づき、離着陸ターゲットと飛行体との位置関係を演算し、演算結果に基づき飛行体の離着陸を制御する自動離着陸システムが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１２－０７１６４５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　上記特許文献１に記載の自動離着陸システムでは、離着陸ターゲットを同心多重に配置した図形（円形、矩形、三角形など）で形成している。ここで、例えば、着陸目標点が船舶などの移動体上に設けられている場合に移動体が動揺したり、垂直離着陸機の周囲で突風（ガスト）が発生したりすることがある。そのような場合、外乱の影響で、垂直離着陸機に搭載された撮影装置の撮影範囲内から離着陸ターゲットがはずれてしまう可能性がある。また、垂直離着陸機の高度が離着陸ターゲットから比較的に離れている場合、離着陸ターゲットが画像内で小さく映り、画像処理において認識できない可能

性がある。このような要因により、垂直離着陸機を着陸目標点へと安定的に誘導できないおそれがある。

[0005] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、垂直離着陸機を着陸目標点へと、より精度良く安定的に誘導することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる垂直離着陸機の自動着陸システムは、垂直離着陸機に搭載された撮影装置と、前記撮影装置で着陸目標点に設けられたマーカー群を撮影した画像に画像処理を施し、前記垂直離着陸機と前記着陸目標点との相対位置を取得する相対位置取得部と、前記相対位置がゼロになるように、前記垂直離着陸機を制御する制御部と、を備え、前記マーカー群は、互いに中心位置を異ならせて並べて設けられる複数のマーカーを含み、前記マーカーは、前記着陸目標点から離れた位置に配置されるものほど大きく、前記相対位置取得部は、前記画像内で認識した前記マーカーと前記着陸目標点との距離に基づいて、前記相対位置を取得する。

[0007] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる垂直離着陸機は、上記垂直離着陸機の自動着陸システムを備える。

[0008] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明にかかる垂直離着陸機の着陸制御方法は、垂直離着陸機に搭載された撮影装置で、着陸目標点に設けられたマーカー群を撮影した画像に画像処理を施し、前記垂直離着陸機と前記着陸目標点との相対位置を取得するステップと、前記相対位置がゼロになるように、前記垂直離着陸機を制御するステップとを備え、前記マーカー群は、互いに中心位置を異ならせて並べて設けられる複数のマーカーを含み、前記マーカーは、前記着陸目標点から離れた位置に配置されるものほど大きく、前記相対位置を取得するステップは、前記画像内で認識した前記マーカーと前記着陸目標点との距離に基づいて、前記相対位置を取得する。

発明の効果

[0009] 本発明にかかる垂直離着陸機の自動着陸システム、垂直離着陸機および垂

直離着陸機の着陸制御方法は、垂直離着陸機を着陸目標点へと、より精度良く安定的に誘導することができる、という効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図１は、第一実施形態にかかる垂直離着陸機の自動着陸システムの一例を示す概略構成図である。

[図2]図２は、第一実施形態にかかる垂直離着陸機が着陸目標点に向かう様子を示す説明図である。

[図3]図３は、自動着陸システムの各座標系を示す説明図である。

[図4]図４は、マーカー群の一例を示す説明図である。

[図5]図５は、マーカー群に含まれるマーカーの一例を示す説明図である。

[図6]図６は、カメラ固定座標系において、マーカー群のうち、一部のみが画像内に映っている場合の一例を示す説明図である。

[図7]図７は、艦慣性系において、マーカー群のうち、一部のみが画像内に映っている場合の一例を示す説明図である。

[図8]図８は、艦慣性系において、マーカー群のうち、一部のみが画像内に映っている場合の一例を示す説明図である。

[図9]図９は、第一実施形態にかかる垂直離着陸機の着陸制御方法の処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図10]図１０は、第一実施形態にかかる垂直離着陸機の着陸動作を示す説明図である。

[図11]図１１は、アプローチモードにおける処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図12]図１２は、高高度ホバリングモードにおける処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図13]図１３は、低高度ホバリングモードにおける処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図14]図１４は、着陸モードにおける処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図15]図１５は、相対位置演算処理の一例を示すフローチャートである。

[図16]図１６は、第二実施形態にかかる垂直離着陸機の自動着陸システムの一例を示す概略構成図である。

[図17]図１７は、第二実施形態における高高度ホバリングモードの処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図18]図１８は、第二実施形態における低高度ホバリングモードの処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図19]図１９は、第三実施形態にかかる自動着陸システムを示す概略構成図である。

[図20]図２０は、第三実施形態における高高度ホバリングモードの処理手順の一例を示すフローチャートである。

[図21]図２１は、第三実施形態における低高度ホバリングモードの処理手順の一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0011] 以下に、本発明にかかる垂直離着陸機の自動着陸システム、垂直離着陸機および垂直離着陸機の着陸制御方法の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0012] [第一実施形態]

図１は、第一実施形態にかかる垂直離着陸機の自動着陸システムの一例を示す概略構成図であり、図２は、第一実施形態にかかる垂直離着陸機が着陸目標点に向かう様子を示す説明図である。第一実施形態にかかる垂直離着陸機１は、回転翼機としての飛行体（例えばヘリコプタ、ドローン等）である。本実施形態において、垂直離着陸機１は、無人機である。なお、垂直離着陸機１は、前進、後進、横進、旋回、ホバリングが可能な飛行体であればよく、有人機であってもよい。また、垂直離着陸機１が無人機である場合、自動操縦による無人機の飛行制御中において、遠隔手動操縦が実行されたときには、遠隔手動操縦に基づく飛行制御が優先される。同様に、垂直離着陸機１が有人機である場合、自動操縦による有人機の飛行制御中において、手動

操縦が実行されたときには、手動操縦に基づく飛行制御が優先される。本実施形態において、この垂直離着陸機１は、自動着陸システム１００を搭載しており、自動着陸システム１００により飛行が制御され、図２に示す着陸目標点２に着陸する。

[0013]（着陸目標点）

本実施形態において、着陸目標点２は、図２に示すように、船舶５上に設けられている。したがって、垂直離着陸機１は、水上を移動する移動体としての船舶５に着陸（着船）する。ただし、着陸目標点２は、船舶５に限らず、地上を移動する移動体としての車両等に設けられてもよいし、移動しない設備、地面に設けられてもよい。なお、船舶５には、図示省略するが、着陸目標点２に垂直離着陸機１を着船させた際に、垂直離着陸機１を拘束するための拘束装置が設けられている。

[0014]（座標系）

本実施形態において用いられる座標系は、図３に示すとおりである。図３は、自動着陸システムの各座標系を示す説明図である。自動着陸システム１００では、船舶５における座標系である艦慣性系S_Gと、垂直離着陸機１における座標系である航空機慣性系H_Gと、垂直離着陸機１に設けられた後述するカメラ１０における座標系であるカメラ固定座標系Ｃと、が用いられる。艦慣性系S_G及び航空機慣性系H_Gは、Ｘ軸、Ｙ軸及びＺ軸からなる３次元直交座標系である。カメラ固定座標系Ｃは、Ｘ軸及びＹ軸からなる２次元直交座標系である。艦慣性系S_Gの場合は着陸目標点２の中心位置（Ｓｘ、Ｓｙ）、航空機慣性系H_Gの場合は垂直離着陸機１の位置を原点として、機体制御を行う。

[0015]（マーカー群）

着陸目標点２には、垂直離着陸機１が着陸目標点２の位置を捕捉するためのマーカー群７Ｇが設けられている。図４は、マーカー群の一例を示す説明図である。また、図５は、マーカー群に含まれるマーカーの一例を示す説明図である。図４では、艦慣性系S_Gで示すマーカー群７Ｇの位置となっており

、図５では、カメラ固定座標系Ｃで示すマーカーの位置となっている。マーカー群７Ｇは、複数のマーカー７を含んでいる。図４に示すように、本実施形態において、各マーカー７は、例えば白黒の２色で色分けされたＡＲマーカーであり、正方形状のマーカーである。なお、マーカー７は、ＡＲマーカーに限らず、画像処理により着陸目標点２の位置を捕捉するための情報を取得することができるマーカーであればよい。また、マーカー群７Ｇは、船舶５に複数設けられてもよく、垂直離着陸機１は、異なるマーカー群７Ｇのいずれかに対応した着陸目標点２に誘導されるものであってもよい。

[0016] 本実施形態において、マーカー群７Ｇは、複数のマーカー７を含んで構成される。より詳細には、マーカー群７Ｇは、図４に示すように、小マーカー群７２Ｇと、大マーカー群７４Ｇとを含む。

[0017] （小マーカー）

小マーカー群７２Ｇは、着陸目標点２に設けられた小マーカー７２（例えば、Ｎｏ．１）と、着陸目標点２の周囲に設けられた複数の小マーカー７２とを含む。複数の小マーカー７２は、互いに中心位置が異なるように並べて配置されている。Ｎｏ．１となる小マーカー７２は、その中心位置が着陸目標点２の中心位置（Ｓｘ、Ｓｙ）と一致するように配置される。一方、Ｎｏ．１以外の小マーカー７２は、着陸目標点２から中心位置をずらして配置されている。そして、小マーカー群７２Ｇは、複数の小マーカー７２が行列状に配置される。図３では、複数の小マーカー７２が５行３列に配置される例を示しているが、行数及び列数は、特に限定されない。また、複数の小マーカー７２は、行列状に配置される必要はなく、着陸目標点２の周囲に散点的に配置されてもよい。すなわち、隣り合う小マーカー７２同士の距離が一定である必要はない。

[0018] （大マーカー）

大マーカー群７４Ｇは、小マーカー７２よりも大きなサイズの複数の大マーカー７４を含む。大マーカー７４は、小マーカー７２と中心位置が異なるように、また、互いに中心位置が異なるように並べて配置されている。大マ

ーカー７４は、着陸目標点２から中心をずらして配置されている。また、大マーカー７４は、小マーカー７２よりも、着陸目標点２から離れた位置に配置される。本実施形態では、大マーカー７４は、着陸目標点２を中心として、小マーカー群７２Ｇを囲むように配置されている。そして、大マーカー群７４Ｇは、大マーカー７４が行列状に配置される。図４では、大マーカー７４が２行２列に配置される例を示しているが、行数及び列数は、特に限定されない。また、複数の大マーカー７４は、行列状に配置される必要はなく、小マーカー群７２Ｇよりも着陸目標点２から離れた位置に、散点的に配置されてもよい。すなわち、隣り合う大マーカー７４同士の距離が一定である必要はない。

[0019]（マーカーのＩＤ番号）

また、本実施形態において、各マーカー７は、ＡＲマーカーとして、ＩＤ番号の情報を保持している。ＩＤ番号は、マーカー７の１つずつに異なる番号が割り付けられている。本実施形態において、ＩＤ番号は、着陸目標点２に近いマーカー７ほど、小さい番号が割り付けられている。図４に、ＩＤ番号の一例を示す。図示するように、着陸目標点２の中心と一致して配置された小マーカー７２のＩＤ番号を“Ｎｏ．１”として、その周囲の小マーカー７２に“Ｎｏ．２”から“Ｎｏ．１５”までの番号、大マーカー７４に“Ｎｏ．１６”から“Ｎｏ．１９”までの番号が割り付けられる。ただし、着陸目標点２からの距離が同じである小マーカー７２ｂについては、互いのＩＤ番号を入れ替えてもよい。同様に、大マーカー７４についても、着陸目標点２からの距離が同じであれば、互いのＩＤ番号を入れ替えてもよい。また、ＩＤ番号は、着陸目標点２に近いマーカー７ほど、大きい番号が割り付けられてもよい。

[0020]（船舶）

船舶５は、図１に示すように、航法装置７０と、データ伝送装置８０と、操作表示部９０とを備える。航法装置７０は、例えば、慣性航法装置（ＩＮＳ：Ｉｎｅｒｔｉａｌ　Ｎａｖｉｇａｔｉｏｎ　Ｓｙｓｔｅｍ）であり、船

船５のピッチ方向およびロール方向の姿勢角、船首方位、速度、加速度および位置座標等を取得する。なお、本実施形態において、航法装置７０は、慣性航法装置に適用して説明するが、特に限定されず、いずれの航法装置７０を用いてもよい。また、航法装置７０は、本実施形態において、位置の計測精度を向上させるために、位置計測部としてのＧＰＳ（Ｇｌｏｂａｌ　Ｐｏｓｉｔｉｏｎｉｎｇ　Ｓｙｓｔｅｍ）を含んだ慣性航法装置となっている。本実施形態では、ＧＰＳを含んだ慣性航法装置に適用して説明するが、ＧＰＳに特に限定されず、精度よく位置を計測可能な位置計測部であればよく、例えば、準天頂衛星システムを用いたものであってもよいし、航法装置７０のみで精度よく位置を計測可能であれば、ＧＰＳ等の位置計測部を省いた構成であってもよい。また、航法装置７０は、各種データの少なくとも一部をセンサで取得するものとしてもよい。データ伝送装置８０は、後述する自動着陸システム１００に含まれ、垂直離着陸機１に搭載されたデータ伝送装置４０と無線通信により各種信号をやり取りする。操作表示部９０は、船舶５に乗員するオペレータが制御ステータスを把握し、各種指示を入力するユーザーインターフェースである。操作表示部９０によりオペレータが入力する指示としては、例えば、後述する制御モードの移行指示が含まれる。移行指示の詳細については、後述する。操作表示部９０で入力された指示は、データ伝送装置８０からデータ伝送装置４０へと送信される。また、垂直離着陸機１の制御ステータスは、データ伝送装置４０からデータ伝送装置８０へ送信される。つまり、データ伝送装置４０及びデータ伝送装置８０は双方向通信が可能となっている。

[0021]（自動着陸システム）

第一実施形態にかかる垂直離着陸機の自動着陸システム１００は、飛行中の垂直離着陸機１を着陸目標点２に着陸させるために、垂直離着陸機１の位置を制御するシステムである。自動着陸システム１００は、垂直離着陸機１に搭載される。自動着陸システム１００は、図１に示すように、カメラ１０と、航法装置２０と、制御部３０と、データ伝送装置４０とを備える。

[0022]（撮影装置）

カメラ１０は、垂直離着陸機１に図示しないジンバルを介して搭載された撮影装置である。カメラ１０は、マーカー７を撮影することができれば、単眼カメラ、複眼カメラ、赤外線カメラ等であってもよい。カメラ１０は、垂直離着陸機１から着陸目標点２に設けられたマーカー７を撮影するために設けられる。カメラ１０は、図示しないジンバルを介して撮影方向を調整可能とされている。本実施形態において、カメラ１０は、その撮影範囲（画角）Ｂ（図２参照）が、一例として、鉛直方向の真下を向くように制御部３０によって制御される。なお、カメラ１０は、撮影範囲Ｂが、鉛直方向に対して斜め前方側を向くように制御部３０によって制御されてもよい。また、カメラ１０は、ジンバルを省いてもよく、撮影方向が、例えば、鉛直方向の下方側を向くように、垂直離着陸機１の機体直下に固定してもよい。制御部３０は、カメラ１０で撮影された画像を、カメラ固定座標系Ｃで取得する。

[0023]（航法装置）

航法装置２０は、航法装置７０と同様に、例えば、ＧＰＳを含んだ慣性航法装置となっている。なお、航法装置２０も、航法装置７０と同様に、ＧＰＳ等の位置計測部を含む慣性航法装置であってもよいし、ＧＰＳ等の位置計測部を省いた慣性航法装置であってもよく、特に限定されない。ＧＰＳを含んだ航法装置２０は、垂直離着陸機１のピッチ方向およびロール方向の姿勢角、機首方位、垂直離着陸機１の機体速度、機体加速度および位置座標等を取得する。なお、航法装置２０は、垂直離着陸機１の姿勢角を検出する姿勢角センサ、垂直離着陸機１の機体速度を検出する速度検出センサ、垂直離着陸機１の機体加速度を検出する加速度検出センサ、垂直離着陸機１の機首方位を検出するセンサを有するものであってもよい。航法装置２０は、取得した垂直離着陸機１の姿勢角、機体速度、機体加速度および位置座標を制御部３０に出力する。

[0024] また、自動着陸システム１００は、図１に示すように、垂直離着陸機１の地表面または水面からの高度を検出する高度センサ２５を備えている。高度

センサ２５は、例えば、レーザ高度計であり、垂直離着陸機１から着陸目標点２までの相対高度Δｈ（図２参照）を計測している。なお、高度センサ２５としては、電波高度計を用いてもよいし、気圧高度計を用いてもよく、いずれの高度計を用いてもよい。また、これらの高度計を、使用環境に応じて、すなわち地表面からの高度、海面からの高度を計測するために、適宜組み合わせて適用してもよい。高度センサ２５は、検出した垂直離着陸機１の相対高度Δｈを制御部３０に出力する。なお、高度センサ２５は、垂直離着陸機１の高度を計測して制御部３０に出力し、制御部３０は、後述する誘導演算部３４において、垂直離着陸機１の高度に基づいて、着陸目標点２までの相対高度Δｈ（図２参照）を算出するものであってもよい。また、自動着陸システム１００は、高度センサ２５に限らず、後述する画像処理部３２において、カメラ１０で撮影したマーカー７を含む画像に画像処理を施すことで、垂直離着陸機１と船舶５との相対高度Δｈを算出するものであってもよい。

[0025]（制御部）

制御部３０は、画像処理部３２と、誘導演算部３４と、飛行制御部３６とを有する。なお、制御部３０は、垂直離着陸機１に設けられた図示しないジンバルを介して、カメラ１０の撮影方向を制御する図示しない撮影制御部を備えている。本実施形態では、上述したように、カメラ１０の撮影範囲Ｂが鉛直方向の真下を向くように調整される。

[0026]（画像処理部）

画像処理部３２は、カメラ１０で撮影された画像に画像処理を施して、小マーカー７２及び大マーカー７４の中心位置（図５参照）を算出する。まず、図５を参照しつつ、着陸目標点２の中心位置（Ｃｘ、Ｃｙ）と中心位置が一致する小マーカー７２（Ｎｏ．１）を画像内で認識した場合について、説明する。ここでの中心位置（Ｃｘ、Ｃｙ）は、カメラ１０で撮影された画像の中心を原点とするカメラ固定座標系Ｃにおける座標点であり、画像中心からの画素数により算出することができる。具体的に、画像処理部３２は、図

５に示すように、画像処理によって小マーカー７２の角部同士の間を延びる対角線Ｌｄを２つ特定し、特定した２つの対角線Ｌｄの交点を中心位置（Ｃｘ、Ｃｙ）とする。なお、着陸目標点２は、小マーカー７２の中心位置に限定されず、小マーカー７２の四隅のいずれかであってもよいし、小マーカー７２の中心位置からオフセットした位置であってもよい。

[0027] なお、画像処理部３２は、対角線Ｌｄを１つのみ特定し、特定した対角線Ｌｄの長さの中心位置を中心位置（Ｃｘ、Ｃｙ）としてもよい。また、画像処理部３２は、対角線Ｌｄを２つ以上特定し、特定した対角線Ｌｄの長さの中心位置の平均となる位置を中心位置（Ｃｘ、Ｃｙ）としてもよい。さらに、画像処理部３２は、正方形状の小マーカー７２を射影変換による関数を用いて台形補正するとき、関数に基づいて正方形の中心位置（Ｃｘ、Ｃｙ）を算出してもよい。その際、小マーカー７２の四隅の座標点、または小マーカー７２の白黒に色分けされた境界の各点の座標点を用いて台形補正を行い、他の座標点は内挿補間により算出してもよい。

[0028] 次に、着陸目標点２となっている小マーカー７２（Ｎｏ．１）の周囲に配置された複数の小マーカー７２、または、大マーカー７４のいずれかを画像内で認識した場合について、説明する。例えば、着陸目標点２が船舶５などの移動体上に設けられている場合に移動体が動揺したり、垂直離着陸機１の周囲で突風（ガスト）が発生したりすることがある。そのような外乱の影響で、垂直離着陸機１に搭載されたカメラ１０の撮影範囲Ｂ内からマーカー群７Ｇの一部がはずれてしまう可能性がある。図６から図８は、マーカー群のうち、一部のみが画像内に映っている場合の一例を示す説明図である。

[0029] 図６に示すように、カメラ固定座標系Ｃにおいて、例えば、ＩＤ番号が“Ｎｏ．２”、“Ｎｏ，８”、“Ｎｏ．１０”、“Ｎｏ．１４”の小マーカー７２が画像内で認識されたとする。このとき、画像処理部３２は、認識した複数のマーカー７のうち、最もＩＤ番号が小さいマーカー７を用いて、小マーカー７２の中心位置（Ｃｘ´，Ｃｙ´）を算出する。図６に示す例では、最もＩＤ番号が小さい“Ｎｏ．２”の小マーカー７２を用いて、小マーカー

７２の中心位置（Ｃｘ´，Ｃｙ´）を算出する。小マーカー７２の中心位置（Ｃｘ´，Ｃｙ´）を算出する手法は、上述した小マーカー７２の中心を算出する手法と同様である。

[0030] 次に、図７に示すように、艦慣性系S_Gにおいて、小マーカー７２の中心位置は、座標（Ｓｘ´，Ｓｙ´）となっており、着陸目標点２は、座標（Ｓｘ，Ｓｙ）となっている。着陸目標点２と小マーカー７２の中心位置（Ｓｘ´，Ｓｙ´）との相対的な位置関係、すなわち距離は、（Ｄｘ，Ｄｙ）となる。

[0031] 次に、図８に示す例について説明する。図８に示す例は、垂直離着陸機１の高度が図５に示す例よりも高い場合であり、ＩＤ番号が“Ｎｏ．２”、“Ｎｏ，８”、“Ｎｏ．１０”、“Ｎｏ．１４”の小マーカー７２と、ＩＤ番号が“Ｎｏ，１８”の大マーカー７４とが画像内に映っている。このとき、画像内の各小マーカー７２が小さいことにより、画像処理部３２が各小マーカー７２を認識できず、大マーカー７４だけを認識することができた場合を想定する。この場合、艦慣性系S_Gにおいて、大マーカー７４の中心位置は、座標（Ｓｘ´´，Ｓｙ´´）となっており、着陸目標点２は、座標（Ｓｘ，Ｓｙ）となっている。着陸目標点２と大マーカー７４の中心位置（Ｓｘ´´，Ｓｙ´´）との相対的な位置関係、すなわち距離（以下、オフセット量ともいう）は、（Ｄｘ，Ｄｙ）となる。なお、カメラ固定座標系Ｃにおける大マーカー７４の中心位置は、を算出する手法は、上述した小マーカー７２の中心を算出する手法と同様である。

[0032] また、画像処理部３２は、上述したように、カメラ１０で撮影したマーカー７を含む画像に画像処理を施すことで、垂直離着陸機１と船舶５との相対高度Δｈを算出するものであってもよい。さらに、画像処理部３２は、カメラ１０で撮影したマーカー７を含む画像に画像処理を施すことで、マーカー７の向きを特定し、航法装置２０で取得される垂直離着陸機１の機首方位と対応づけることで、船舶５の船首方位を算出してもよい。なお、船舶５に、船首方位を算出するためのマーカーを別途設けてもよい。

[0033]（誘導演算部）

誘導演算部３４は、垂直離着陸機１を着陸目標点２に誘導するための垂直離着陸機１の制御量を算出する。制御量は、垂直離着陸機１の機体速度、姿勢角、姿勢角の変化レート等を調整するための制御量である。誘導演算部３４は、制御量を算出するために、垂直離着陸機１と着陸目標点２との相対位置（Ｘ、Ｙ）および垂直離着陸機１と着陸目標点２との相対速度を算出する。

[0034] 誘導演算部３４は、画像処理部３２で算出された小マーカー７２または大マーカー７４の中心位置（Ｃｘ´，Ｃｙ´）、（Ｃｘ´´，Ｃｙ´´）と、カメラ１０の方位すなわち垂直離着陸機１の機首方位と、垂直離着陸機１の高度（着陸目標点２に対する相対高度Δｈ）と、着陸目標点２に対する各マーカー７２，７４のオフセット量（Ｄｘ，Ｄｙ）とに基づいて、垂直離着陸機１と着陸目標点２との相対位置（Ｘ、Ｙ）を算出する。なお、本実施形態では、カメラ１０の方位と垂直離着陸機１の機首方位とを一致させたが、特に限定されず、カメラ１０の方位と垂直離着陸機１の機首方位とを一致させなくてもよい。このように、画像処理部３２および誘導演算部３４は、垂直離着陸機１と着陸目標点２との相対位置を取得する相対位置取得部として機能する。相対位置（Ｘ、Ｙ）は、水平方向における垂直離着陸機１と着陸目標点２との距離となる。より詳細には、誘導演算部３４は、画像処理部３２で算出されたカメラ固定座標系Ｃにおける小マーカー７２または大マーカー７４の中心位置（Ｃｘ´，Ｃｙ´）、（Ｃｘ´´，Ｃｙ´´）を、垂直離着陸機１の機首方位と垂直離着陸機１の高度（着陸目標点２に対する相対高度Δｈ）とに基づいて艦慣性系$Ｓ_{Ｇ}$における垂直離着陸機１とマーカー７２、７４の中心位置（Ｓｘ´，Ｓｙ´）、（Ｓｘ´´，Ｓｙ´´）との相対位置（Ｘ´、Ｙ´）に変換し、さらに、オフセット量（Ｄｘ，Ｄｙ）を加算することで、艦慣性系$Ｓ_{Ｇ}$における垂直離着陸機１と着陸目標点２との相対位置（Ｘ、Ｙ）に変換する。このとき、誘導演算部３４は、垂直離着陸機１の機首方位と垂直離着陸機１の高度（着陸目標点２に対する相対高度Δｈ）とに基づ

いて航空機慣性系H_Gにおける垂直離着陸機１と着陸目標点２との相対位置（Ｘ、Ｙ）に直接的に変換してもよい。なお、艦慣性系S_Gは、着陸目標点２を原点として、船舶５の船首方位に沿った方向、船舶５の船首方位と水平方向で直交する方向、鉛直方向を直交軸とする座標系である。また、航空機慣性系H_Gは、図２及び図３に示すように、垂直離着陸機１を原点として、垂直離着陸機１の機首方位に沿った方向をＸ軸、垂直離着陸機１の機首方位と水平方向で直交する方向をＹ軸、鉛直方向をＺ軸とする座標系である。

[0035] また、誘導演算部３４は、航法装置２０で取得された垂直離着陸機１の地球座標系における位置座標と、船舶５の航法装置７０で取得され、データ伝送装置４０、８０の通信により得られた船舶５の地球座標系における位置座標とに基づいて、垂直離着陸機１と着陸目標点２との相対位置（X_{GPS}、Y_{GPS}）を算出する。したがって、誘導演算部３４は、ＧＰＳにより取得された垂直離着陸機１の位置座標と、データ伝送装置４０により取得した着陸目標点２が設けられた船舶５の位置座標とに基づいて、垂直離着陸機１と着陸目標点２との相対位置（X_{GPS}、Y_{GPS}）を算出する第２の相対位置取得部として機能する。

[0036] ここで、本実施形態において、制御部３０は、各マーカー７の中心から着陸目標点２までの距離（Ｄｘ，Ｄｙ）を図示しない記憶部で予め記憶している。図３、図６及び図７に示す例において、誘導演算部３４は、画像処理部３２において算出した“Ｎｏ．２”の小マーカー７２の中心位置（Ｃｘ´，Ｃｙ´）に基づいて、艦慣性系S_Gにおける垂直離着陸機１と小マーカー７２の中心位置（Ｓｘ´，Ｓｙ´）との相対位置（Ｘ´，Ｙ´）を算出する。この後、誘導演算部３４は、算出した相対位置（Ｘ´，Ｙ´）に、予め記憶された距離（Ｄｘ，Ｄｙ）をオフセット量として加算することで、艦慣性系S_Gにおける垂直離着陸機１と着陸目標点２の中心位置（Ｓｘ、Ｓｙ）との相対位置(Ｘ、Ｙ)を算出する。これにより、例えば外乱の影響により、画像内で一部のマーカー７しか認識できない場合にも、着陸目標点２の中心位置（Ｓｘ、Ｓｙ）にオフセットすることができる。なお、上述のように、小マーカ

ー７２（Ｎｏ．１）を用いて着陸目標点２の中心位置（Ｓｘ、Ｓｙ）にオフセットする場合は、距離（Ｄｘ，Ｄｙ）が値０であると言える。また、本実施形態では、小マーカー７２（Ｎｏ．１）を着陸目標点２の中心位置（Ｓｘ、Ｓｙ）と一致させて配置したが、この構成は必須ではなく、小マーカー群７２Ｇをすべて着陸目標点２の中心位置（Ｓｘ、Ｓｙ）からずらした小マーカー７２で構成してもよい。

[0037] 次に、図８に示す例について説明する。誘導演算部３４は、画像内で認識した最もＩＤ番号が小さい“Ｎｏ，１８”の大マーカー７４を用いて、垂直離着陸機１と着陸目標点２の中心位置（Ｓｘ、Ｓｙ）との相対位置(Ｘ、Ｙ)を算出する。すなわち、上述したように、誘導演算部３４は、画像処理部３２において算出した大マーカー７４の中心位置（Ｃｘ´´，Ｃｙ´´）に基づいて、艦慣性系$Ｓ_{Ｇ}$における垂直離着陸機１と大マーカー７４の中心位置（Ｓｘ´´，Ｓｙ´´）との相対位置（Ｘ´，Ｙ´）を算出する。この後、誘導演算部３４は、算出した相対位置（Ｘ´，Ｙ´）に、予め記憶された距離（Ｄｘ，Ｄｙ）をオフセット量として加算することで、垂直離着陸機１と着陸目標点２の中心位置（Ｓｘ、Ｓｙ）との相対位置(Ｘ、Ｙ)を算出する。これにより、垂直離着陸機１の高度が比較的に高く、画像内で大マーカー７４しか認識できない場合にも、着陸目標点２の中心位置（Ｓｘ、Ｓｙ）にオフセットすることができる。このように、誘導演算部３４は、小マーカー７２及び大マーカー７４のいずれを認識する場合であっても、上記した算出方法により、着陸目標点２の中心位置（Ｓｘ、Ｓｙ）にオフセットした相対位置(Ｘ、Ｙ)を算出することができる。

[0038] このように、少なくともカメラ１０によりマーカー群７Ｇに含まれるマーカー７を少なくとも１つ捕捉できていれば、カメラ１０で撮影したマーカー７に基づいて相対位置（Ｘ、Ｙ）を算出することができる。つまり、相対位置（Ｘ、Ｙ）の算出に際して、船舶５側とのデータ通信を行う必要がない。それにより、相対位置（Ｘ、Ｙ）に基づいて垂直離着陸機１を制御するとき、航法装置２０，７０による誤差等の影響を受けないため、位置精度の向上

を図ることができ、また、通信を行うことによる飛行制御の応答性の低下を抑制することができる。したがって、垂直離着陸機１を着陸目標点２へと、より精度良く着陸させることができる。そして、垂直離着陸機１の位置を着陸目標点２に対して精度良く制御することで、着陸目標点２の近傍に設けられた装置や構造物に垂直離着陸機１が干渉することを抑制することができる。

[0039] また、誘導演算部３４は、垂直離着陸機１と着陸目標点２との相対速度を算出する。したがって、誘導演算部３４は、垂直離着陸機１と着陸目標点２との相対速度を取得する相対速度取得部として機能する。より詳細には、誘導演算部３４は、例えば、航法装置２０、７０で取得される垂直離着陸機１の機体速度と船舶５の船体速度との差分により、相対速度を算出する。また、誘導演算部３４は、相対位置（Ｘ、Ｙ）の擬似微分に基づいて相対速度を算出してもよい。また、誘導演算部３４は、垂直離着陸機１の機首方位と船舶５の船首方位との相対方位を算出する。

[0040] また、誘導演算部３４は、高度センサ２５で検出された垂直離着陸機１の高度に基づいて、着陸目標点２までの相対高度Δｈを算出する。したがって、高度センサ２５および誘導演算部３４は、垂直離着陸機１と着陸目標点２との相対高度Δｈを取得する相対高度取得部として機能する。なお、画像処理部３２において、カメラ１０で撮影したマーカー７を含む画像に画像処理を施すことで、垂直離着陸機１と船舶５との相対高度Δｈを算出する場合は、画像処理部３２が相対高度取得部となる。

[0041] そして、誘導演算部３４は、相対位置（Ｘ、Ｙ）、相対速度、相対方位および機体加速度に基づいて、フィードバック制御（例えばＰＩＤ制御）により制御量を算出する。第一実施形態において、誘導演算部３４は、相対位置（Ｘ、Ｙ）および相対方位がゼロとなるように、フィードバック制御によって垂直離着陸機１の制御量を算出する。また、誘導演算部３４は、相対速度が所定速度以内となるように、また、機体加速度が所定加速度以内となるように、フィードバック制御によって垂直離着陸機１の制御量を算出してもよ

い。所定速度以内および所定加速度以内としては、垂直離着陸機１が所定の相対高度Δｈにおいて安定して飛行できているといえる状態であることを満たすような範囲となっている。例えば、所定速度としてはゼロであり、所定加速度としてはゼロである。誘導演算部３４は、算出した制御量を飛行制御部３６に出力する。誘導演算部３４は、このような制御量の算出において、垂直離着陸機１を着陸目標点へと誘導して着陸させるために、垂直離着陸機１を複数の制御モードで制御する。複数の制御モードは、アプローチモードと、高高度ホバリングモードおよび低高度ホバリングモードを含むホバリングモードと、着陸モードとを含む。各制御モードの詳細については、後述する。なお、自動着陸システム１００は、相対位置（Ｘ、Ｙ）がゼロとなるように制御を行うが、実際には、垂直離着陸機１の船舶５への着陸後において、相対位置が誤差も含めてゼロになるとは限らず、垂直離着陸機１と着陸目標点２との位置が完全に一致するものではない。

[0042]（飛行制御部）

飛行制御部３６は、後述する誘導演算部３４で算出された制御量にしたがって、垂直離着陸機１の各構成要素を制御して垂直離着陸機１を飛行させる。飛行制御部３６は、制御量にしたがって各回転翼のブレードピッチ角、回転数等を制御し、垂直離着陸機１の機体速度、姿勢角、姿勢角の変化レート等を調整する。それにより、垂直離着陸機１は、着陸目標点２へと誘導される。なお、本実施形態では、画像処理部３２および誘導演算部３４を飛行制御部３６とは別の機能部として説明するが、飛行制御部３６、画像処理部３２および誘導演算部３４は、一体の機能部であってもよい。すなわち、飛行制御部３６において画像処理部３２および誘導演算部３４の処理を行ってもよい。

[0043]（垂直離着陸機の着陸制御方法）

次に、第一実施形態にかかる垂直離着陸機の着陸制御方法として、制御部３０により垂直離着陸機１を着陸目標点２へと誘導して着陸させるための手順について説明する。図９は、第一実施形態にかかる垂直離着陸機の着陸制

御方法の処理手順の一例を示すフローチャートである。図１０は、第一実施形態にかかる垂直離着陸機の着陸動作を示す説明図である。図１１は、アプローチモードにおける処理手順の一例を示すフローチャートである。図１２は、高高度ホバリングモードにおける処理手順の一例を示すフローチャートである。図１３は、低高度ホバリングモードにおける処理手順の一例を示すフローチャートである。図１４は、着陸モードにおける処理手順の一例を示すフローチャートである。また、図１５は、相対位置演算処理の一例を示すフローチャートである。図９から図１５に示す処理は、誘導演算部３４により実行される。

[0044] 先ず、図９及び図１０を参照して、垂直離着陸機１の着陸動作について説明する。垂直離着陸機１は、飛行状態から、船舶５に着陸（着船）する一連の着陸動作において、複数の制御モードを実行する。具体的に、垂直離着陸機１は、アプローチモードを実行するステップＳ１と、高高度ホバリングモードを実行するステップＳ２と、低高度ホバリングモードを実行するステップＳ３と、着陸モードを実行するステップＳ４とを順に行うことで、一連の着陸動作を行っている。また、垂直離着陸機１は、高高度ホバリングモード、及び低高度ホバリングモードの実行を中断して、着陸動作を中断する非常モードを実行するステップ（後述のステップＳ１７）を行っている。

[0045] 図１０に示すように、アプローチモードは、船舶５からの指令により、垂直離着陸機１を船舶５の甲板上に進入させ、着陸目標点２上において、垂直離着陸機１をホバリングさせるモードとなっている。高高度ホバリングモードは、垂直離着陸機１が、甲板上のマーカー群７Ｇをカメラ１０により捕捉し、着陸目標点２がカメラ１０の撮影範囲（画角）Ｂの中心にくるように、ホバリングするモードとなっている。低高度ホバリングモードは、垂直離着陸機１が降下を行い、高高度ホバリングモードよりも低高度でホバリングを行うモードとなっている。着陸モードは、垂直離着陸機１が着陸目標点２に着陸するモードとなっている。非常モードは、船舶５への垂直離着陸機１の着陸動作を中断して上昇するモードとなっている。

[0046] 垂直離着陸機１は、これらの制御モードを実行することにより、船舶５に対して着陸動作を実行する。次に、図１１から図１５を参照して、各制御モードについて、具体的に説明する。

[0047]（アプローチモード）

誘導演算部３４は、ステップＳ１として、アプローチモードを実行する。アプローチモードについて、図１１を参照しながら詳細に説明する。誘導演算部３４は、ステップＳ３１として、航法装置２０、７０すなわちＧＰＳで得られた位置座標から相対位置（X_{GPS}、Y_{GPS}）を算出（生成）している。

[0048] 次に、誘導演算部３４は、ステップＳ３２として、アプローチモードボタンがオンされているか否かを判定する。アプローチモードボタンは、船舶５の操作表示部９０に設けられた制御モードの移行指示を入力するためのボタンであり、船舶５に乗員するオペレータによってオンオフされる。オペレータは、垂直離着陸機１の船舶５への着船の準備が整ったら、アプローチモードボタンをオンする。制御部３０は、アプローチモードボタンがオンとなっていないと判定した場合（ステップＳ３２でＮｏ）、ステップＳ１の処理を継続する。一方、制御部３０は、アプローチモードボタンがオンとなっていると判定した場合（ステップＳ３２でＹｅｓ）、ステップＳ３３の処理に進む。

[0049] 誘導演算部３４は、ステップＳ３３として、ステップＳ３１で生成した相対位置（X_{GPS}、Y_{GPS}）がゼロとなるように、フィードバック制御を実行する。これにより、誘導演算部３４は、水平方向において垂直離着陸機１を着陸目標点２に向けて飛行させる。また、誘導演算部３４は、算出された垂直離着陸機１の機首方位と船舶５の船首方位との相対方位が、一例として、ゼロとなるように、フィードバック制御を実行する。これにより、誘導演算部３４は、水平方向において垂直離着陸機１の機首方位が船舶５の船首方位と一致するように飛行させる。なお、一例として、誘導演算部３４は、相対方位がゼロとなるようにフィードバック制御を実行したが、特に限定されず、相対方位がゼロでなくてもよい。さらに、誘導演算部３４は、高度センサ２

５により計測された相対高度Δｈが第１相対高度Δｈ１となるように、フィードバック制御を実行する。これにより、誘導演算部３４は、鉛直方向において、垂直離着陸機１を初期高度から第１相対高度Δｈ１（図２参照）まで降下させつつ、第１相対高度Δｈ１に維持させる。第１相対高度Δｈ１は、例えば、２０ｍである。このように、アプローチモードでは、相対位置（X_{GPS}、Y_{GPS}）がゼロとなるように制御することで、垂直離着陸機１が着陸目標点２の所定の圏内となるように、垂直離着陸機１を飛行制御している。

[0050] 誘導演算部３４は、ステップＳ３４として、画像相対位置演算処理を実行し、垂直離着陸機１と着陸目標点２との水平方向の距離としての相対位置（Ｘ、Ｙ）を算出する。画像相対位置演算処理の詳細については、後述する。

[0051] 誘導演算部３４は、ステップＳ３５として、ステップＳ３４で算出された垂直離着陸機１と着陸目標点２との水平方向の距離としての相対位置（Ｘ、Ｙ）が第１しきい値以内であるか否かを判定する。第１しきい値は、カメラ１０により、着陸目標点２を捉え続けるのに十分な距離となる値として設定される。誘導演算部３４は、相対位置（Ｘ、Ｙ）が第１しきい値以内でないと判定した場合（ステップＳ３５でＮｏ）、ステップＳ３３以降の処理を再び実行する。つまり、垂直離着陸機１は、カメラ１０により、着陸目標点２を捉えられない、換言すれば、着陸目標点２に十分近づいていないとして、ステップＳ３３以降の処理を再び実行する。そして、誘導演算部３４は、垂直離着陸機１が、カメラ１０により、着陸目標点２を捉え続けるのに十分な距離となるまで、ステップＳ３３以降の処理が繰り返し実行される。誘導演算部３４は、相対位置（Ｘ、Ｙ）が第１しきい値以内であると判定した場合（ステップＳ３５でＹｅｓ）、垂直離着陸機１が、カメラ１０により、着陸目標点２を捉え続けるのに十分な距離である、つまり、着陸目標点２に十分近づいているとして、アプローチモードを終了し、次の制御モードへと移行する。

[0052] （高高度ホバリングモード）

図９の説明に戻る。誘導演算部３４は、アプローチモードを終了すると、

ステップＳ２として、高高度ホバリングモードを実行する。高高度ホバリングモードについて、図１２を参照しながら詳細に説明する。高高度ホバリングモードにおいて、誘導演算部３４は、図１２のステップＳ４１に示すように、画像相対位置演算処理で算出された相対位置（Ｘ、Ｙ）がゼロとなるように、フィードバック制御を実行する。また、誘導演算部３４は、算出された垂直離着陸機１の機首方位と船舶５の船首方位との相対方位が、一例として、ゼロとなるように、フィードバック制御を実行する。さらに、誘導演算部３４は、高度センサ２５により計測された相対高度Δｈが第１相対高度Δｈ１となるように、フィードバック制御を実行する。これにより、誘導演算部３４は、鉛直方向において、垂直離着陸機１を着陸目標点２直上においてホバリングさせながら、第１相対高度Δｈ１に維持させる。そして、誘導演算部３４は、ステップＳ４２として、再び画像相対位置演算処理を実行する。

[0053] 誘導演算部３４は、ステップＳ４３として、ステップＳ４２で算出された相対位置（Ｘ、Ｙ）が第２しきい値以内であるか否か、および、低高度ホバリングモードボタンがオンされているか否かを判定する。第２しきい値は、アプローチモードにおける第１しきい値以下となる値として設定される。また、低高度ホバリングモードボタンは、船舶５の操作表示部９０に設けられた制御モードの移行指示を入力するためのボタンであり、船舶５に乗員するオペレータによってオンオフされる。オペレータは、垂直離着陸機１が第１相対高度Δｈ１において安定して飛行できているか否かを目視で確認し、垂直離着陸機１が安定して飛行できている場合に、低高度ホバリングボタンをオンする。ステップＳ４３は、高高度ホバリングモードから低高度ホバリングモードへと移行するための第１の条件が成立しているか否かを判定している。すなわち、第一実施形態において、第１の条件は、相対位置（Ｘ、Ｙ）が第２しきい値以内となる他、オペレータにより低高度ホバリングモードへのモード移行の指示がなされたことを含む。

[0054] 誘導演算部３４は、相対位置（Ｘ、Ｙ）が第２しきい値以内でないと判定

した場合（ステップＳ４３でＮｏ）、ステップＳ４１以降の処理を再び実行する。また、誘導演算部３４は、低高度ホバリングモードボタンがオンされていないと判定した場合（ステップＳ４３でＮｏ）にも、ステップＳ４１以降の処理を再び実行する。そして、誘導演算部３４は、垂直離着陸機１が、着陸目標点２に対する相対位置（Ｘ、Ｙ）が第２しきい値以内となるまで、ステップＳ４１以降の処理が繰り返し実行される。誘導演算部３４は、相対位置（Ｘ、Ｙ）が第２しきい値以内であり、かつ、低高度ホバリングモードボタンがオンされていると判定した場合（ステップＳ４３でＹｅｓ）、高高度ホバリングモードを終了し、次の制御モードへと移行する。

[0055]（低高度ホバリングモード）

図９の説明に戻る。誘導演算部３４は、高高度ホバリングモードを終了すると、ステップＳ３として、低高度ホバリングモードを実行する。低高度ホバリングモードについて、図１３を参照しながら詳細に説明する。低高度ホバリングモードにおいて、誘導演算部３４は、図１３のステップＳ５１に示すように、画像相対位置演算処理で算出された相対位置（Ｘ、Ｙ）がゼロとなるように、フィードバック制御を実行する。また、誘導演算部３４は、算出された垂直離着陸機１の機首方位と船舶５の船首方位との相対方位が、一例として、ゼロとなるように、フィードバック制御を実行する。さらに、誘導演算部３４は、高度センサ２５により計測された相対高度Δｈが第１相対高度Δｈ１よりも低い第２相対高度Δｈ２となるようにフィードバック制御する。これにより、誘導演算部３４は、垂直離着陸機１を着陸目標点２直上においてホバリングさせながら、垂直離着陸機１の高度を第２相対高度Δｈ２（図２参照）まで降下させる。第２相対高度Δｈ２は、例えば、３ｍである。このとき、誘導演算部３４は、垂直離着陸機１の降下速度を第１降下速度とする。第１降下速度は、例えば、０．６ｍ／ｓである。そして、誘導演算部３４は、ステップＳ５２として、再び画像相対位置演算処理を実行する。

[0056] 誘導演算部３４は、ステップＳ５３として、ステップＳ５２で算出された

相対位置（Ｘ、Ｙ）が第３しきい値（所定しきい値）以内であるか否か、および、着陸モードボタンがオンされているか否かを判定する。第３しきい値は、高高度ホバリングにおける第２しきい値以下となる値として設定される。また、着陸モードボタンは、船舶５の操作表示部９０に設けられた制御モードの移行指示を入力するためのボタンであり、船舶５に乗員するオペレータによってオンオフされる。オペレータは、垂直離着陸機１が第２相対高度Δｈ２において安定して飛行できているか否かを目視で確認し、垂直離着陸機１が安定して飛行できている場合に、着陸モードボタンをオンする。ステップＳ５３は、低高度ホバリングモードから着陸モードへと移行するための第２の条件（所定条件）が成立しているか否かを判定している。すなわち、第一実施形態において、第２の条件は、相対位置（Ｘ、Ｙ）が第３しきい値以内となる他、オペレータにより着陸モードへのモード移行の指示がなされたことを含む。なお、オペレータは、垂直離着陸機１が安定していない場合であっても、着陸モードボタンをオンにしてもよい。

[0057] 誘導演算部３４は、相対位置（Ｘ、Ｙ）が第３しきい値以内でないと判定した場合（ステップＳ５３でＮｏ）、ステップＳ５１以降の処理を再び実行する。また、誘導演算部３４は、着陸モードボタンがオンされていないと判定した場合（ステップＳ５３でＮｏ）にも、ステップＳ５１以降の処理を再び実行する。そして、誘導演算部３４は、垂直離着陸機１が、着陸目標点２に対する相対位置（Ｘ、Ｙ）が第３しきい値以内となる位置にあり、かつ、第２相対高度Δｈ２まで降下するように、ステップＳ５１以降の処理が繰り返し実行される。誘導演算部３４は、相対位置（Ｘ、Ｙ）が第３しきい値以内であり、かつ、着陸モードボタンがオンされていると判定した場合（ステップＳ５３でＹｅｓ）、低高度ホバリングモードを終了し、次の制御モードへと移行する。

[0058] （着陸モード）

図９の説明に戻る。誘導演算部３４は、低高度ホバリングモードを終了すると、ステップＳ４として、着陸モードを実行する。着陸モードについて、

図１４を参照しながら詳細に説明する。着陸モードにおいて、誘導演算部３４は、図１４のステップＳ６１に示すように、画像相対位置演算処理で算出された相対位置（Ｘ、Ｙ）がゼロとなるように、フィードバック制御を実行する。また、誘導演算部３４は、算出された垂直離着陸機１の機首方位と船舶５の船首方位との相対方位が、一例として、ゼロとなるように、フィードバック制御を実行する。さらに、誘導演算部３４は、高度センサ２５により計測された相対高度Δｈが第３相対高度Δｈ３となるまでの間、降下率を一定とする垂直速度制御を実行している。降下率は、単位時間当たりに降下する高度の度合いである。誘導演算部３４は、垂直速度制御において、垂直離着陸機１の降下速度を第２降下速度としている。これにより、誘導演算部３４は、垂直離着陸機１の相対高度Δｈを第３相対高度Δｈ３（図２参照）まで降下させる。第３相対高度Δｈ３は、例えば１０ｃｍである。また、第２降下速度は、例えば、１．０ｍ／ｓである。なお、本実施形態では、着陸モードにおいて垂直離着陸機１を速やかに着陸目標点２に着陸させるために、第２降下速度を上記第１降下速度よりも大きく設定したが、第１降下速度および第２降下速度は、いずれが大きく設定されてもよいし、同じ値であってもよい。さらに、誘導演算部３４は、垂直離着陸機１の高度が第３相対高度Δｈ３に到達すると、第３相対高度Δｈ３に到達したときの、垂直離着陸機１の姿勢角に関する制御量を保持したまま、垂直離着陸機１をさらに降下させる。なお、姿勢角のみではなく、相対位置（Ｘ、Ｙ）、相対方位、及び相対速度に関する制御量について、全てを保持した状態、全てを保持していない状態、または、一部を保持した状態で、垂直離着陸機１を着陸目標点２に着陸させるものとしてもよい。

[0059] 誘導演算部３４は、ステップＳ６２として、カメラ１０で少なくとも１つのマーカー７を捕捉できているか否か、すなわち着陸目標点２を捕捉できているか否かを判定する。カメラ１０で少なくとも１つのマーカー７を捕捉できているか否かは、後述する画像相対位置演算処理のステップＳ１２と同様の処理により算出することができる。誘導演算部３４は、カメラ１０で少な

くとも１つのマーカー７を捕捉できていると判定した場合（ステップＳ６２でＹｅｓ）、ステップＳ６３として、画像処理により相対位置（Ｘ、Ｙ）を算出する。相対位置（Ｘ、Ｙ）は、後述する画像相対位置演算処理のステップＳ１４と同様の処理により算出することができる。一方、誘導演算部３４は、カメラ１０でマーカー７を１つも捕捉できていないと判定した場合（ステップＳ６２でＮｏ）、ステップＳ６３の処理を省略し、ステップＳ６４に進む。本実施形態において、着陸モードにおいては、垂直離着陸機１が着陸目標点２に十分に接近した状態であり、カメラ１０でマーカー７を一時的に捕捉できないことがあったとしても、着陸目標点２の近傍に着陸できるとして、着陸モードを継続して実行する。なお、垂直離着陸機１が有人機の場合は、着陸モードの実行中において、パイロットの判断に基づいて着陸モードの実行を中断してもよい。

[0060] 飛行制御部３６は、ステップＳ６４として、垂直離着陸機１が着陸目標点２に着陸したか否かを判定する。垂直離着陸機１が着陸目標点２に着陸したか否かは、例えば垂直離着陸機１の図示しない脚部に接触式のセンサを設けておくこと等により、判定することができる。飛行制御部３６は、垂直離着陸機１が着陸目標点２に着陸していないと判定した場合（ステップＳ６４でＮｏ）、再びステップＳ６１以降の処理を実行する。これにより、垂直離着陸機１が着陸目標点２に着陸するまで、ステップＳ６１の手順により垂直離着陸機１が降下するように制御される。そして、飛行制御部３６は、垂直離着陸機１が着陸目標点２に着陸したと判定した場合（ステップＳ６４でＹｅｓ）、誘導演算部３４は、着陸モードを終了する。これにより、図９に示す処理ルーチンも終了する。

[0061]（画像相対位置演算処理）

次に、画像相対位置演算処理について、図１５を参照しながら説明する。画像相対位置演算処理において、誘導演算部３４は、ステップＳ１１として、非常モードボタンがオフされているか否かを判定する。非常モードボタンは、船舶５の操作表示部９０に設けられており、船舶５に乗員するオペレー

タによってオンオフされる。オペレータは、船舶５へ垂直離着陸機１が着陸することを中断すべきであると判断したとき、非常モードボタンをオンする。具体的には、オペレータは、例えば風の影響や何らかの故障の発生等によって垂直離着陸機１の飛行状態が不安定であることを目視により確認した場合に、非常モードボタンをオンする。

[0062] 誘導演算部３４は、ステップＳ１１において、非常モードボタンがオンされていると判定した場合（ステップＳ１１でＮｏ）、ステップＳ１７として、非常モードの実行へと移行する。非常モードにおいて、誘導演算部３４は、垂直離着陸機１をいったん船舶５から十分に離れた所定高度（例えば２０ｍ）まで上昇させ、現在の相対位置（Ｘ、Ｙ）を維持させる。誘導演算部３４は、図９に示す高高度ホバリングモードを実行するステップＳ２、及び低高度ホバリングモードを実行するステップＳ３の実行中において、非常モードを実行可能となっている。誘導演算部３４は、非常モードの実行により、垂直離着陸機１をいったん船舶５から十分に離れた高度まで上昇させると、再び図９に示す処理をステップＳ１から改めて再開する。

[0063] 一方、誘導演算部３４は、非常モードボタンがオフされていると判定した場合（ステップＳ１１でＹｅｓ）、ステップＳ１２として、カメラ１０で少なくとも１つのマーカー７を捕捉できているか否かを判定する。カメラ１０で少なくとも１つのマーカー７を捕捉できているか否かは、カメラ１０で撮影された画像内に、小マーカー７２または大マーカー７４の中心位置（Ｃｘ´，Ｃｙ´）、（Ｃｘ´´，Ｃｙ´´）を算出可能な情報が得られているか否かで判定することができる。つまり、カメラ１０で撮影した画像の範囲内において、マーカー群７Ｇに含まれる複数のマーカー７のうち、少なくとも１つを画像処理によって認識できるか否かで判定することができる。

[0064] 誘導演算部３４は、カメラ１０で少なくとも１つのマーカー７を捕捉できていると判定した場合（ステップＳ１２でＹｅｓ）、ステップＳ１３として、目標非捕捉カウンタを値０に設定する。そして、誘導演算部３４は、ステップＳ１４として、小マーカー７２または大マーカー７４の中心位置（Ｃｘ

´，Ｃｙ´）、（Ｃｘ´´，Ｃｙ´´）と、カメラ１０の方位（すなわち、同じ方位となる垂直離着陸機１の機首方位）と、垂直離着陸機１の高度（着陸目標点２に対する相対高度Δｈ）と、着陸目標点２に対する各マーカー７２，７４のオフセット量（Ｄｘ，Ｄｙ）とに基づいて、垂直離着陸機１と着陸目標点２との相対位置（Ｘ、Ｙ）を算出する。上述したように、相対位置（Ｘ、Ｙ）は、画像処理部３２で算出されたカメラ固定座標系Ｃにおける小マーカー７２または大マーカー７４の中心位置（Ｃｘ´，Ｃｙ´）、（Ｃｘ´´，Ｃｙ´´）を、艦慣性系$Ｓ_{Ｇ}$における垂直離着陸機１とマーカー７２、７４の中心位置（Ｓｘ´，Ｓｙ´）、（Ｓｘ´´，Ｓｙ´´）との相対位置（Ｘ´、Ｙ´）に変換し、さらに、オフセット量（Ｄｘ，Ｄｙ）を加算することで、艦慣性系$Ｓ_{Ｇ}$における垂直離着陸機１と着陸目標点２との相対位置（Ｘ、Ｙ）に変換することで算出される。

[0065] 一方、誘導演算部３４は、ステップＳ１２において、カメラ１０でマーカー７を１つも捕捉できていないと判定した場合（ステップＳ１２でＮｏ）、ステップＳ１５として、目標非捕捉カウンタに値１を加算し、ステップＳ１６として、目標非捕捉カウンタが所定値以内であるか否かを判定する。誘導演算部３４は、目標非捕捉カウンタが所定値以内であると判定した場合（ステップＳ１６でＹｅｓ）、再びステップＳ１１以降の処理を実行する（図１５の処理を再び実行する）。誘導演算部３４は、目標非捕捉カウンタが所定値以内でないと判定した場合（ステップＳ１６でＮｏ）、ステップＳ１７に進み、非常モードの実行へと移行する。すなわち、誘導演算部３４は、目標非捕捉カウンタが所定値を超えることで、カメラ１０でマーカー７を１つも連続して捕捉できない時間が所定時間以上となったと判断し、非常モードを実行する。

[0066] 以上説明したように、第一実施形態にかかる垂直離着陸機の自動着陸システム１００は、垂直離着陸機１に搭載されたカメラ１０（撮影装置）と、カメラ１０で着陸目標点２に設けられたマーカー群７Ｇを撮影した画像に画像処理を施し、垂直離着陸機１と着陸目標点２との相対位置（Ｘ、Ｙ）を取得

する画像処理部３２および誘導演算部３４（相対位置取得部）と、相対位置（Ｘ、Ｙ）がゼロになるように、垂直離着陸機１を制御する制御部３０と、を備え、マーカー群７Ｇは、互いに中心位置を異ならせて並べて設けられる複数のマーカー７を含み、マーカー７は、着陸目標点２から離れた位置に配置されるものほど大きく、画像処理部３２および誘導演算部３４は、画像内で認識したマーカー７と着陸目標点２との距離（Ｄｘ，Ｄｙ）に基づいて、相対位置（Ｘ、Ｙ）を取得する。

[0067] この構成により、例えば、着陸目標点２が船舶５などの移動体上に設けられている場合に移動体が動揺したり、垂直離着陸機１の周囲で突風（ガスト）が発生したりするといった外乱が発生しても、マーカー群７Ｇに含まれる複数のマーカー７のいずれかを画像内で捕捉しやすくなる。また、着陸目標点２から離れた位置に配置されるマーカー７ほど大きいため、垂直離着陸機１の高度、すなわちマーカー群７Ｇまでの距離が比較的に大きい場合にも、大きいサイズのマーカー７を画像内で認識しやすくなる。そのため、垂直離着陸機１から着陸目標点２をより安定的に捕捉することができる。したがって、本実施形態にかかる垂直離着陸機１、垂直離着陸機１の自動着陸システム１００、垂直離着陸機１の自動着陸方法によれば、垂直離着陸機１を着陸目標点２へと、より安定的に誘導することが可能となる。

[0068] また、マーカー群７Ｇは、小マーカー７２と、小マーカー７２よりも着陸目標点２から離れた位置に配置される大マーカー７４とを含む。この構成により、垂直離着陸機１の高度が比較的に高く、画像内で小マーカー７２を認識できない場合にも、大マーカー７４を認識しやすくなり、着陸目標点２をより安定的に捕捉することができる。また、垂直離着陸機１の高度が比較的に低い場合には、大マーカーよりも小さく、かつ、着陸目標点２の近くに設けられた小マーカー７２により、着陸目標点２をより安定的に捕捉することができる。

[0069] なお、ここでは、小マーカー７２と大マーカー７４との２種類の大きさのマーカー７を用いたが、マーカー群７Ｇは、３種類以上の大きさのマーカー

７を含んでもよい。その場合、大きいマーカー７ほど着陸目標点２から離れた位置に配置されることが好ましい。また、マーカー群７Ｇは、単一の大きさのマーカー７のみで構成されてもよい。

[0070] また、マーカー７は、１つずつに異なるＩＤ番号が割り付けられており、画像処理部３２および誘導演算部３４は、画像内で認識したマーカー７からＩＤ番号を取得し、ＩＤ番号に対応して予め記憶されたマーカー７と着陸目標点２との距離（Ｄｘ，Ｄｙ）に基づいて、相対位置（Ｘ、Ｙ）を取得する。この構成により、マーカー７が保持する情報をＩＤ番号のみとすることができるため、マーカー７として簡易なものを用いることが可能となる。

[0071] また、ＩＤ番号は、着陸目標点２に近いマーカー７ほど小さい番号が割り当てられ、画像処理部３２および誘導演算部３４は、画像内で認識した最もＩＤ番号が小さいマーカー７と、着陸目標点２との距離（Ｄｘ，Ｄｙ）に基づいて、相対位置（Ｘ、Ｙ）を取得する。この構成により、着陸目標点２に近い位置に配置されるマーカー７をＩＤ番号の大きさで容易に判定することができる。また、当該マーカー７と着陸目標点２との距離（Ｄｘ，Ｄｙ）に基づいて、着陸目標点２の中心位置（Ｓｘ，Ｓｙ）にオフセットした相対位置（Ｘ、Ｙ）を精度良く得ることが可能となる。

[0072] なお、ＩＤ番号は、着陸目標点２に近いマーカー７ほど大きい番号が割り当てられ、画像処理部３２および誘導演算部３４は、画像内で認識した最もＩＤ番号が大きいマーカー７と、着陸目標点２との距離（Ｄｘ，Ｄｙ）に基づいて、相対位置（Ｘ、Ｙ）を取得するものであってもよい。

[0073] また、画像内で、ＩＤ番号が同じマーカー７を複数認識したときには、いずれのマーカー７を用いてもよいが、画像中央に近いマーカー７を優先的に用いることが好ましい。それにより、画像端部の近傍における歪みの影響を受けないようにして、着陸目標点２の中心位置（Ｓｘ，Ｓｙ）にオフセットした相対位置（Ｘ，Ｙ）をより精度良く算出することができる。

[0074] また、画像処理部３２および誘導演算部３４は、画像内で認識したすべてのマーカー７ごとに、着陸目標点２との距離（Ｄｘ，Ｄｙ）に基づいて相対

位置（Ｘ、Ｙ）を算出し、算出したすべての相対位置（Ｘ，Ｙ）の平均値を最終的な相対位置（Ｘ，Ｙ）として取得してもよい。より詳細には、画像処理部３２において、画像内に認識したすべてのマーカー７について、１つずつ、上述した手法により着陸目標点２の中心位置（Ｓｘ，Ｓｙ）にオフセットした相対位置（Ｘ，Ｙ）を算出する。そして、算出したすべての相対位置（Ｘ，Ｙ）の平均値を、その時点における最終的な相対位置（Ｘ，Ｙ）として取得する。

[0075] この構成により、画像内で認識したすべてのマーカー７に基づいて、相対位置（Ｘ，Ｙ）をより精度良く取得することができる。また、画像内で認識したすべてのマーカー７を用いるため、いずれのマーカー７を優先的に用いるかを予め設定しておく必要がなくなり、各マーカー７のＩＤ番号を任意に設定することが可能となる。

[0076] また、マーカー７は、ＩＤ番号の情報に代えて、着陸目標点２との距離（Ｄｘ，Ｄｙ）の情報を保持するものであってもよい。その場合、画像処理部３２は、画像内で認識したマーカー７のいずれかから、画像処理により、着陸目標点２との距離（Ｄｘ，Ｄｙ）の情報を取得し、取得した距離（Ｄｘ，Ｄｙ）に基づいて、着陸目標点２の中心位置（Ｓｘ，Ｓｙ）にオフセットした相対位置（Ｘ，Ｙ）を算出する。この場合、画像内でマーカー７を複数認識したときには、いずれのマーカー７を用いてもよいが、着陸目標点２に近いマーカー７を優先的に用いることが好ましい。

[0077] [第二実施形態]

次に、第二実施形態にかかる垂直離着陸機の自動着陸システム２００および着陸制御方法について説明する。図１６は、第二実施形態にかかる垂直離着陸機の自動着陸システムの一例を示す概略構成図である。第二実施形態にかかる自動着陸システム２００は、図１６に示すように、自動着陸システム１００からデータ伝送装置４０を省略した構成である。また、自動着陸システム２００は、誘導演算部３４に代えて、誘導演算部３４Ａを備える。自動着陸システム２００の他の構成は、自動着陸システム１００と同様であるた

め、説明を省略し、同じ構成要素には同じ符号を付す。また、誘導演算部３４Ａは、以下に説明する部分を除き、誘導演算部３４と同様の機能を有するため、同様の機能については説明を省略する。

[0078] また、第二実施形態において、船舶５は、データ伝送装置８０および操作表示部９０を備える必要がない。なお、図１６においては、航法装置７０を省略しているが、これは、垂直離着陸機１と船舶５との間で航法装置７０により取得されるデータのやり取りを必要としないためである。

[0079] 第二実施形態において、自動着陸システム２００は、船舶５側とのデータ通信を行わない。そのため、相対速度の算出に際して、船舶５から船体速度を取得することができない。そこで、第二実施形態において、誘導演算部３４は、垂直離着陸機１と着陸目標点２との相対位置（Ｘ、Ｙ）に基づいて相対速度を算出する。具体的には、誘導演算部３４Ａは、相対位置（Ｘ、Ｙ）を擬似微分して相対速度を算出する。

[0080] 次に、第二実施形態における着陸制御方法の詳細について説明する。第二実施形態において、誘導演算部３４Ａは、図９に示すフローチャートのステップＳ１の処理を実行せず、他の手法により、カメラ１０の撮影範囲Ｂにマーカー７が捕捉される程度まで、垂直離着陸機１を船舶５すなわち着陸目標点２に接近させる。他の手法としては、例えば、垂直離着陸機１にレーザー照射装置を搭載し、船舶５に向けてレーザーを照射して、反射波を垂直離着陸機１側で受信することにより、垂直離着陸機１と船舶５との相対位置を取得して、相対位置に基づいて垂直離着陸機１を船舶５（着陸目標点２）へと誘導させる等の手法が挙げられる。

[0081] 誘導演算部３４Ａは、カメラ１０の撮影範囲Ｂにマーカー７が捕捉される程度まで、垂直離着陸機１が船舶５すなわち着陸目標点２に十分に接近すると、図１５に示す画像相対位置演算処理のステップＳ１４と同様の処理により相対位置（Ｘ、Ｙ）を算出し、算出した相対位置（Ｘ、Ｙ）が第１しきい値以内となると、図９のステップＳ２（図１２）およびステップＳ３（図１３）の処理に替えて、図１７および図１８に示す処理を実行する。図１７は

、第二実施形態における高高度ホバリングモードの処理手順の一例を示すフローチャートである。図１８は、第二実施形態における低高度ホバリングモードの処理手順の一例を示すフローチャートである。

[0082] 図１７を参照しながら、第二実施形態における高高度ホバリングモードについて説明する。図１７のステップＳ４１Ａおよびステップ Ｓ４２Ａは、図１２のステップＳ４１およびステップＳ４２と同様の処理であるため、説明を省略する。なお、第二実施形態において、画像相対位置演算処理は、図１５に示す処理と同様である。

[0083] 誘導演算部３４Ａは、ステップＳ４３Ａとして、ステップＳ４２Ａで算出された相対位置（Ｘ、Ｙ）、垂直離着陸機１の姿勢角（ピッチ方向およびロール方向）の変化レートおよび相対速度が、対応する第１判定しきい値以内であるか否かを判定する。相対位置（Ｘ、Ｙ）の対応する第１判定しきい値は、第一実施形態における第２しきい値である。また、姿勢角の変化レートおよび相対速度の対応する第１判定しきい値は、パラメータごとに個別に設定される。姿勢角の変化レートおよび相対速度に対応する第１判定しきい値は、第一実施形態においてオペレータが低高度ホバリングモードボタンをオンすることに代えて設けられるものである。したがって、姿勢角の変化レートおよび相対速度に対応する第１判定しきい値は、垂直離着陸機１が第１相対高度Δｈ１において安定して飛行できているといえる状態であることを満たすように設定される。

[0084] 誘導演算部３４Ａは、相対位置（Ｘ、Ｙ）が対応する第１判定しきい値すなわち第２しきい値以内でないと判定した場合（ステップＳ４３ＡでＮｏ）、ステップＳ４１Ａ以降の処理を再び実行する。また、誘導演算部３４Ａは、姿勢角の変化レートおよび相対速度が対応する第１判定しきい値以内でないと判定した場合（ステップＳ４３ＡでＮｏ）にも、ステップＳ４１Ａ以降の処理を再び実行する。

[0085] 一方、誘導演算部３４Ａは、相対位置（Ｘ、Ｙ）が第２しきい値以内であり、かつ、姿勢角の変化レートおよび相対速度が対応する第１判定しきい値

以内であると判定した場合（ステップＳ４３ＡでＹｅｓ）、高高度ホバリングモードを終了し、低高度ホバリングモードへと移行する。ステップＳ４３Ａは、高高度ホバリングモードから低高度ホバリングモードへと移行するための第１の条件が成立しているか否かを判定している。すなわち、第二実施形態において、第１の条件は、相対位置（Ｘ、Ｙ）が第２しきい値以内となる他、姿勢角の変化レートおよび相対速度が対応する第１判定しきい値以内であることを含む。

[0086] 図１８を参照しながら、第二実施形態における低高度ホバリングモードについて説明する。図１８のステップＳ５１ＡおよびステップＳ５２Ａは、第一実施形態における図１３のステップＳ５１およびステップＳ５２と同様の処理であるため、説明を省略する。

[0087] 誘導演算部３４Ａは、ステップＳ５３Ａとして、ステップＳ５２Ａで算出された相対位置（Ｘ、Ｙ）、垂直離着陸機１の姿勢角（ピッチ方向およびロール方向）の変化レート、相対方位、相対速度、姿勢角（ロール方向、ピッチ方向）、着陸目標点２の水平方向の角度（ロール方向、ピッチ方向）および相対高度Δｈが、対応する第２判定しきい値以内であるか否かを判定する。相対位置（Ｘ、Ｙ）の対応する第２判定しきい値とは、第一実施形態における第３しきい値である。また、相対高度Δｈの第２判定しきい値とは、第２相対高度Δｈ２である。相対高度Δｈの第２判定しきい値は、低高度ホバリングモードにおいて、垂直離着陸機１が第２相対高度Δｈ２まで降下し安定したことを自動的に判定するために設けられる。

[0088] また、垂直離着陸機１の姿勢角の変化レート、相対方位、相対速度、姿勢角、着陸目標点２の水平方向の角度の対応する第２判定しきい値は、パラメータごとに個別に設定される。なお、着陸目標点２の水平方向の角度は、船舶５の着陸目標点２が設けられた面の水平方向における角度であり、画像処理部３２において、カメラ１０で撮影されたマーカー７の画像に画像処理を施すことで算出することができる。姿勢角の変化レート、相対方位、相対速度、姿勢角、着陸目標点２の水平方向の角度に対応した第２判定しきい値は

、第一実施形態においてオペレータが着陸モードボタンをオンすることに代えて設けられるものである。したがって、姿勢角の変化レート、相対方位、相対速度、姿勢角、着陸目標点２の水平方向の角度に対応した第２判定しきい値は、垂直離着陸機１が第２相対高度Δｈ２において安定して飛行できているといえる状態であることを満たすように設定される。なお、姿勢角の変化レート、相対速度の第２判定しきい値は、第１判定しきい値よりも小さな値であってもよいし、第１判定しきい値と同じ値であってもよい。

[0089] 誘導演算部３４Ａは、相対位置（Ｘ、Ｙ）が対応する第２判定しきい値すなわち第３しきい値以内でないと判定した場合（ステップＳ５３ＡでＮｏ）、ステップＳ５１Ａ以降の処理を再び実行する。また、誘導演算部３４Ａは、相対高度Δｈが対応する第１判定しきい値すなわち第２相対高度Δｈ２以内でないと判定した場合（ステップＳ５３ＡでＮｏ）、ステップＳ５１Ａ以降の処理を再び実行する。さらに、誘導演算部３４Ａは、姿勢角の変化レート、相対方位、相対速度、姿勢角、着陸目標点２の水平方向の角度が対応する第２判定しきい値以内でないと判定した場合（ステップＳ５３ＡでＮｏ）にも、ステップＳ５１Ａ以降の処理を再び実行する。

[0090] 一方、誘導演算部３４Ａは、相対位置（Ｘ、Ｙ）が第２判定しきい値すなわち第３しきい値以内であり、相対高度Δｈが第２相対高度Δｈ２以内であり、かつ、姿勢角の変化レート、相対方位、相対速度、姿勢角、着陸目標点２の水平方向の角度が対応する第２判定しきい値以内であると判定した場合（ステップＳ５３ＡでＹｅｓ）、低高度ホバリングモードを終了し、着陸モードへと移行する。ステップＳ５３Ａは、低高度ホバリングモードから着陸モードへと移行するための第２の条件（所定条件）が成立しているか否かを判定している。すなわち、第二実施形態において、第２の条件は、相対位置（Ｘ、Ｙ）が第３しきい値以内となる他、姿勢角の変化レート、相対方位、相対速度、姿勢角、着陸目標点２の水平方向の角度および相対高度Δｈが対応する第２判定しきい値以内であることを含む。

[0091] 以上のように、第二実施形態においては、高高度ホバリングモードおよび

低高度ホバリングモードの他の制御例について説明した。このような第二実施形態においても、第一実施形態と同様に、複数のマーカー７を含むマーカー群７Ｇを用いて相対位置（Ｘ，Ｙ）を取得することで、垂直離着陸機１を着陸目標点２へと、より安定的に誘導することが可能となる。

[0092] また、第二実施形態にかかる垂直離着陸機の自動着陸システム２００は、カメラ１０で撮影したマーカー７に基づいて相対位置（Ｘ、Ｙ）を算出でき、また、相対位置（Ｘ、Ｙ）に基づいて相対速度を算出することができる。したがって、相対位置（Ｘ、Ｙ）および相対速度の算出に際して、船舶５側とのデータ通信を行う必要がない。それにより、相対位置（Ｘ、Ｙ）および相対速度に基づいて垂直離着陸機１を制御するとき、データ通信を行う必要がないことから、システムを簡素化することができる。

[0093] また、第二実施形態においては、オペレータからの移行指示を必要とせず、垂直離着陸機１を安定して飛行させながら、高高度ホバリングモードから低高度ホバリングモード、低高度ホバリングモードから着陸モードへと自動的に移行させることができる。したがって、高高度ホバリングモードから低高度ホバリングモードへの移行、低高度ホバリングモードから着陸モードへの移行に際して、船舶５との間でデータのやり取りを行う必要がない。

[0094] [第三実施形態]

次に、第三実施形態にかかる垂直離着陸機１の自動着陸システム３００および着陸制御方法について説明する。図１９は、第三実施形態にかかる自動着陸システムを示す概略構成図である。第三実施形態にかかる自動着陸システム３００は、図１９に示すように、第二実施形態にかかる自動着陸システム２００の画像処理部３２に代えて画像処理部３２Ｂ、誘導演算部３４Ａに代えて誘導演算部３４Ｂを備える。自動着陸システム３００の他の構成は、自動着陸システム２００と同様であるため、説明を省略し、同じ構成要素には同じ符号を付す。また、画像処理部３２Ｂ、誘導演算部３４Ｂは、以下に説明する部分を除き、画像処理部３２、誘導演算部３４と同様の機能を有するため、同様の機能については説明を省略する。

[0095] また、第三実施形態において、船舶５は、第二実施形態と同様に、データ伝送装置８０および操作表示部９０を備える必要がない。なお、図１９においては、航法装置７０を省略しているが、これは、垂直離着陸機１と船舶５との間で航法装置７０により取得されるデータのやり取りを必要としないためである。

[0096] また、第三実施形態において、船舶５は、マーカー群７Ｇに接続された操作表示部９５を備えている。そして、第三実施形態において、マーカー群７Ｇに含まれる複数のマーカー７は、例えば液晶ディスプレイといった図示しない表示装置に表示され、そのマーカー形状が可変とされている。マーカー７は、高高度ホバリングモードから低高度ホバリングモードへの移行を指示するための形状、低高度ホバリングモードから着陸モードへの移行を指示するための形状を少なくとも含んでいる。マーカー群７Ｇに含まれる複数のマーカー７は、高高度ホバリングモードから低高度ホバリングモードへの移行を指示するための形状、低高度ホバリングモードから着陸モードへの移行を指示するための形状へと、すべて一斉に変更される。また、各マーカー７は、いずれの形状であっても、第一実施形態と同様のＩＤ番号の情報または距離（Ｄｘ，Ｄｙ）の情報を含む。なお、マーカー群７Ｇ全体が１つの表示装置に表示されてもよいし、各マーカー７が１つずつ、あるいは、複数単位で個別の表示装置に表示されてもよい。

[0097] 画像処理部３２Ｂは、カメラ１０で撮影された画像を画像処理することで、画像内のマーカー７の形状を特定し、特定した形状に基づいた指示を誘導演算部３４Ｂに出力する。具体的には、画像処理部３２Ｂは、マーカー７が高高度ホバリングモードから低高度ホバリングモードへの移行を指示するための形状であると特定した場合、高高度ホバリングモードから低高度ホバリングモードへの移行指示を誘導演算部３４Ｂに出力する。また、画像処理部３２Ｂは、マーカー７が低高度ホバリングモードから着陸モードへの移行を指示するための形状であると特定した場合、低高度ホバリングモードから着陸モードへの移行指示を誘導演算部３４Ｂに出力する。

[0098] 誘導演算部３４Ｂは、第二実施形態の誘導演算部３４Ａと同様の手法で相対速度を算出する。それにより、第二実施形態と同様に、船舶５から船体速度を取得することなく、相対速度を取得することができる。

[0099] 次に、第三実施形態における着陸制御方法について説明する。第三実施形態において、誘導演算部３４Ｂは、第二実施形態と同様に、図９に示すフローチャートのステップＳ１からステップＳ３の処理を実行せず、他の手法により、カメラ１０の撮影範囲Ｂにマーカー７が捕捉される程度まで、垂直離着陸機１を船舶５すなわち着陸目標点２に接近させる。そして、誘導演算部３４Ｂは、カメラ１０の撮影範囲Ｂにマーカー７が捕捉される程度まで、垂直離着陸機１が船舶５すなわち着陸目標点２に十分に接近すると、図１５に示す画像相対位置演算処理のステップＳ１４と同様の処理により相対位置（Ｘ、Ｙ）を算出し、算出した相対位置（Ｘ、Ｙ）が第１しきい値以内となると、図９のステップＳ２（図１２）およびステップＳ３（図１３）の処理に替えて、図２０および図２１に示す処理を実行する。図２０は、第三実施形態における高高度ホバリングモードの処理手順の一例を示すフローチャートである。図２１は、第三実施形態における低高度ホバリングモードの処理手順の一例を示すフローチャートである。

[0100] 図２０を参照しながら、第三実施形態における高高度ホバリングモードについて説明する。図２０のステップＳ４１ＢおよびステップＳ４２Ｂは、図１２のステップＳ４１およびステップＳ４２と同様の処理であるため、説明を省略する。なお、第三実施形態においても、画像相対位置演算処理は、図１５に示す処理と同様である。

[0101] 誘導演算部３４Ｂは、ステップＳ４３Ｂとして、ステップＳ４２Ｂで算出された相対位置（Ｘ、Ｙ）が第２しきい値以内であるか否か、および、マーカー７が低高度ホバリングモードへの移行を示す形状となっているか否かを判定する。マーカー７が低高度ホバリングモードへの移行を示す形状となっているか否かは、第一実施形態においてオペレータが低高度ホバリングモードボタンをオンすることに代えて設けられるものである。オペレータは、垂

直離着陸機１が第１相対高度Δｈ１において安定して飛行できているか否かを目視で確認し、垂直離着陸機１が安定して飛行できている場合に、操作表示部９５により、マーカー７を低高度ホバリングモードへの移行を示す形状に変化させる。

[0102] 誘導演算部３４Ｂは、相対位置（Ｘ、Ｙ）が対応する第２しきい値以内でないと判定した場合（ステップＳ４３ＢでＮｏ）、ステップＳ４１Ｂ以降の処理を再び実行する。また、誘導演算部３４Ｂは、マーカー７が低高度ホバリングモードへの移行を示す形状となっていないと判定した場合（ステップＳ４３ＢでＮｏ）にも、ステップＳ４１Ｂ以降の処理を再び実行する。これにより、垂直離着陸機１は、第一実施形態と同様に、着陸目標点２に対する相対位置（Ｘ、Ｙ）が第２しきい値以内となる位置にあり、かつ、第１相対高度Δｈ１が維持されるように、フィードバック制御によって飛行が制御される。

[0103] 誘導演算部３４Ｂは、相対位置（Ｘ、Ｙ）が第２しきい値以内であり、マーカー７が低高度ホバリングモードへの移行を示す形状となっていると判定した場合（ステップＳ４３ＢでＹｅｓ）、高高度ホバリングモードを終了し、低高度ホバリングモードへと移行する。第三実施形態において、ステップＳ４３Ｂは、高高度ホバリングモードから低高度ホバリングモードへと移行するための第１の条件が成立しているか否かを判定している。すなわち、第三実施形態において、第１の条件は、相対位置（Ｘ、Ｙ）が第２しきい値以内となる他、マーカー７が低高度ホバリングモードへの移行を示す形状となっていることを含む。

[0104] 図２１を参照しながら、第三実施形態における低高度ホバリングモードについて説明する。図２１のステップＳ５１ＢおよびステップＳ５２Ｂは、第一実施形態における図１３のステップＳ５１およびステップＳ５２と同様の処理であるため、説明を省略する。

[0105] 誘導演算部３４Ｂは、ステップＳ５３Ｂとして、ステップＳ５２Ｂで算出された相対位置（Ｘ、Ｙ）が第３しきい値以内であるか否か、および、マー

カー７が着陸モードへの移行を示す形状となっているか否かを判定する。マーカー７が着陸モードへの移行を示す形状となっているか否かは、第一実施形態において、オペレータが着陸モードボタンをオンすることに代えて設けられるものである。オペレータは、垂直離着陸機１が第２相対高度Δｈ２において安定して飛行できているか否かを目視で確認し、垂直離着陸機１が安定して飛行できている場合に、操作表示部９５により、マーカー７を着陸モードへの移行を示す形状に変化させる。

[0106] 誘導演算部３４Ｂは、相対位置（Ｘ、Ｙ）が対応する第２しきい値以内でないと判定した場合（ステップＳ５３ＢでＮｏ）、ステップＳ５１Ｂ以降の処理を再び実行する。また、誘導演算部３４Ｂは、マーカー７が着陸モードへの移行を示す形状となっていないと判定した場合（ステップＳ５３ＢでＮｏ）にも、ステップＳ５１Ｂ以降の処理を再び実行する。これにより、垂直離着陸機１は、第一実施形態と同様に、着陸目標点２に対する相対位置（Ｘ、Ｙ）が第３しきい値以内となる位置にあり、かつ、第２相対高度Δｈ２が維持されるように、フィードバック制御によって飛行が制御される。

[0107] 誘導演算部３４Ｂは、相対位置（Ｘ、Ｙ）が第３しきい値以内であり、マーカー７が着陸モードへの移行を示す形状となっていると判定した場合（ステップＳ５３ＢでＹｅｓ）、低高度ホバリングモードを終了し、着陸モードへと移行する。第三実施形態において、ステップＳ５３Ｂは、低高度ホバリングモードから着陸モードへと移行するための第２の条件（所定条件）が成立しているか否かを判定している。すなわち、第三実施形態において、第２の条件は、相対位置（Ｘ、Ｙ）が第３しきい値以内となる他、マーカー７が着陸モードへの移行を示す形状となっていることを含む。

[0108] 以上のように、第三実施形態においては、各マーカー７のマーカー形状が可変である例について説明した。このような第三実施形態においても、第一実施形態と同様に、複数のマーカー７を含むマーカー群７Ｇを用いて相対位置（Ｘ，Ｙ）を取得することで、垂直離着陸機１を着陸目標点２へと、より安定的に誘導することが可能となる。

[0109] また、第三実施形態にかかる垂直離着陸機の自動着陸システム３００においても、相対位置（Ｘ、Ｙ）および相対速度の算出に際して、船舶５側とのデータ通信を行う必要がない。それにより、相対位置（Ｘ、Ｙ）および相対速度に基づいて垂直離着陸機１を制御するとき、データ通信を行う必要がないことから、システムを簡素化することができる。

[0110] また、第三実施形態においては、オペレータからのモード移行の指示をデータ通信により受信することなく、マーカー形状の変化に基づいて、高高度ホバリングモードから低高度ホバリングモード、低高度ホバリングモードから着陸モードへの移行を実行することができる。したがって、高高度ホバリングモードから低高度ホバリングモード、低高度ホバリングモードから着陸モードへの移行に際して、船舶５との間でデータのやり取りを行う必要がなく、通信せずにモード移行を指示することができ、例えば、電波封鎖環境下においてもモード移行を指示することができる。

符号の説明

[0111]
１　垂直離着陸機
２　着陸目標点
５　船舶
７　マーカー
７Ｇ　マーカー群
７２　小マーカー
７２Ｇ　小マーカー群
７４　大マーカー
７４Ｇ　大マーカー群
１０　カメラ
２０，７０　航法装置
２５　高度センサ
３０　制御部
３２，３２Ｂ　画像処理部

３４，３４Ａ，３４Ｂ　誘導演算部

３６　飛行制御部

４０，８０　データ伝送装置

９０，９５　操作表示部

１００，２００，３００　自動着陸システム

請求の範囲

[請求項1] 垂直離着陸機に搭載された撮影装置と、

前記撮影装置で着陸目標点に設けられたマーカー群を撮影した画像に画像処理を施し、前記垂直離着陸機と前記着陸目標点との相対位置を取得する相対位置取得部と、

前記相対位置がゼロになるように、前記垂直離着陸機を制御する制御部と、

を備え、

前記マーカー群は、互いに中心位置を異ならせて並べて設けられる複数のマーカーを含み、

前記マーカーは、前記着陸目標点から離れた位置に配置されるものほど大きく、

前記相対位置取得部は、前記画像内で認識した前記マーカーと前記着陸目標点との距離に基づいて、前記相対位置を取得する垂直離着陸機の自動着陸システム。

[請求項2] 前記マーカー群は、小マーカーと、前記小マーカーよりも前記着陸目標点から離れた位置に配置される大マーカーとを含む請求項１に記載の垂直離着陸機の自動着陸システム。

[請求項3] 前記マーカーは、１つずつに異なるＩＤ番号が割り付けられており、

前記相対位置取得部は、前記画像内で認識した前記マーカーから前記ＩＤ番号を取得し、前記ＩＤ番号に対応して予め記憶された前記マーカーと前記着陸目標点との距離に基づいて、前記相対位置を取得する

請求項１または請求項２に記載の垂直離着陸機の自動着陸システム。

[請求項4] 前記ＩＤ番号は、前記着陸目標点に近い前記マーカーほど小さい番号または大きい番号が割り当てられ、

前記相対位置取得部は、前記画像内で認識した最も前記ＩＤ番号が小さい前記マーカー、または、最も前記ＩＤ番号が大きい前記マーカーと、前記着陸目標点との距離に基づいて、前記相対位置を取得する請求項３に記載の垂直離着陸機の自動着陸システム。

[請求項5] 前記相対位置取得部は、前記画像内で認識したすべての前記マーカーごとに、前記着陸目標点との距離に基づいて前記相対位置を算出し、算出したすべての前記相対位置の平均値を最終的な前記相対位置として取得する請求項１から請求項３のいずれか一項に記載の垂直離着陸機の自動着陸システム。

[請求項6] 請求項１から請求項５のいずれか一項に記載の垂直離着陸機の自動着陸システムを備えた垂直離着陸機。

[請求項7] 垂直離着陸機に搭載された撮影装置で、着陸目標点に設けられたマーカー群を撮影した画像に画像処理を施し、前記垂直離着陸機と前記着陸目標点との相対位置を取得するステップと、

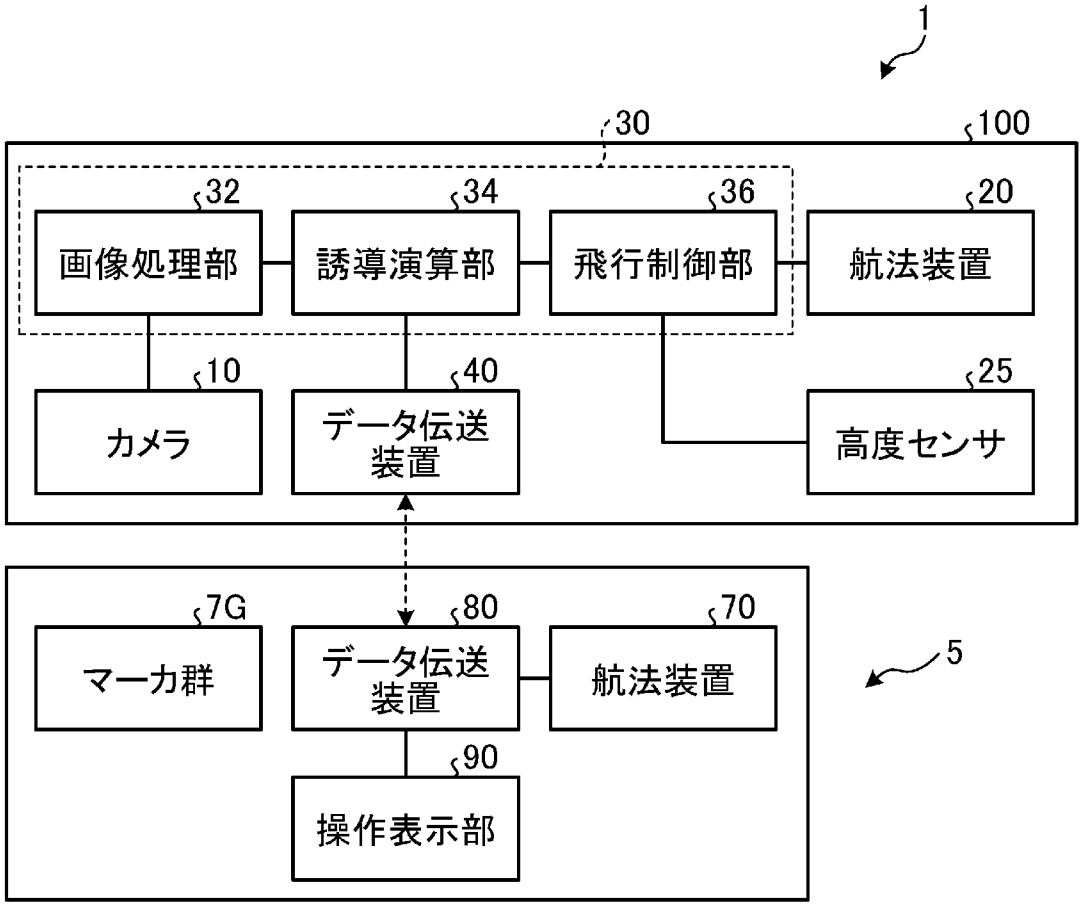
前記相対位置がゼロになるように、前記垂直離着陸機を制御するステップとを備え、

前記マーカー群は、互いに中心位置を異ならせて並べて設けられる複数のマーカーを含み、

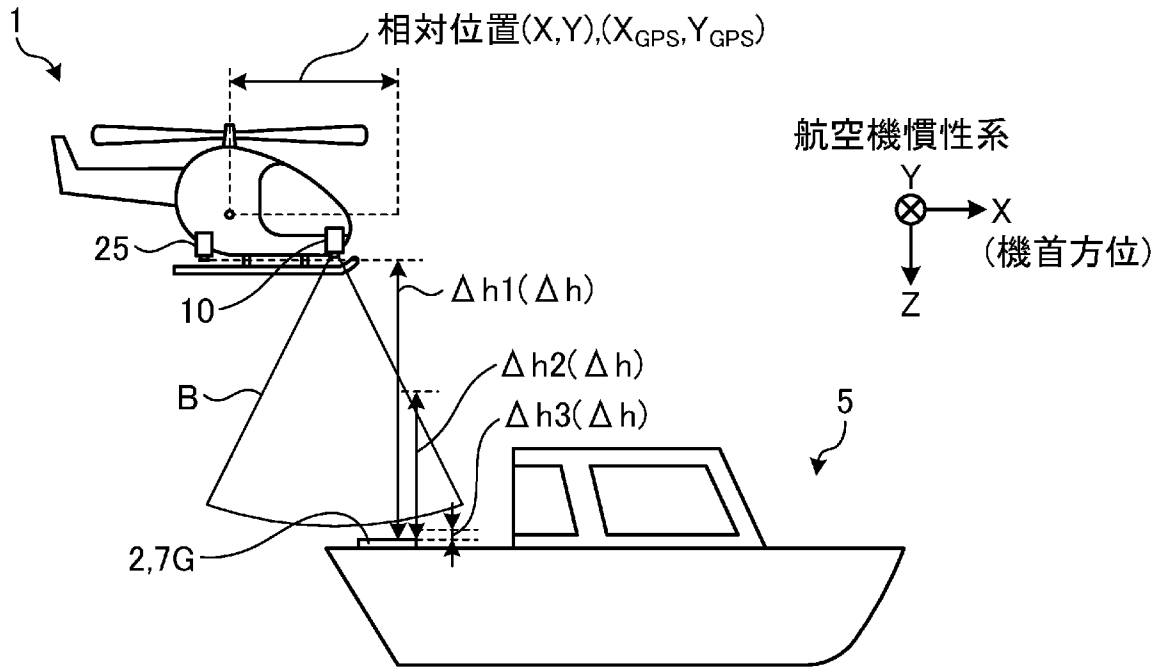
前記マーカーは、前記着陸目標点から離れた位置に配置されるものほど大きく、

前記相対位置を取得するステップは、前記画像内で認識した前記マーカーと前記着陸目標点との距離に基づいて、前記相対位置を取得する垂直離着陸機の着陸制御方法。

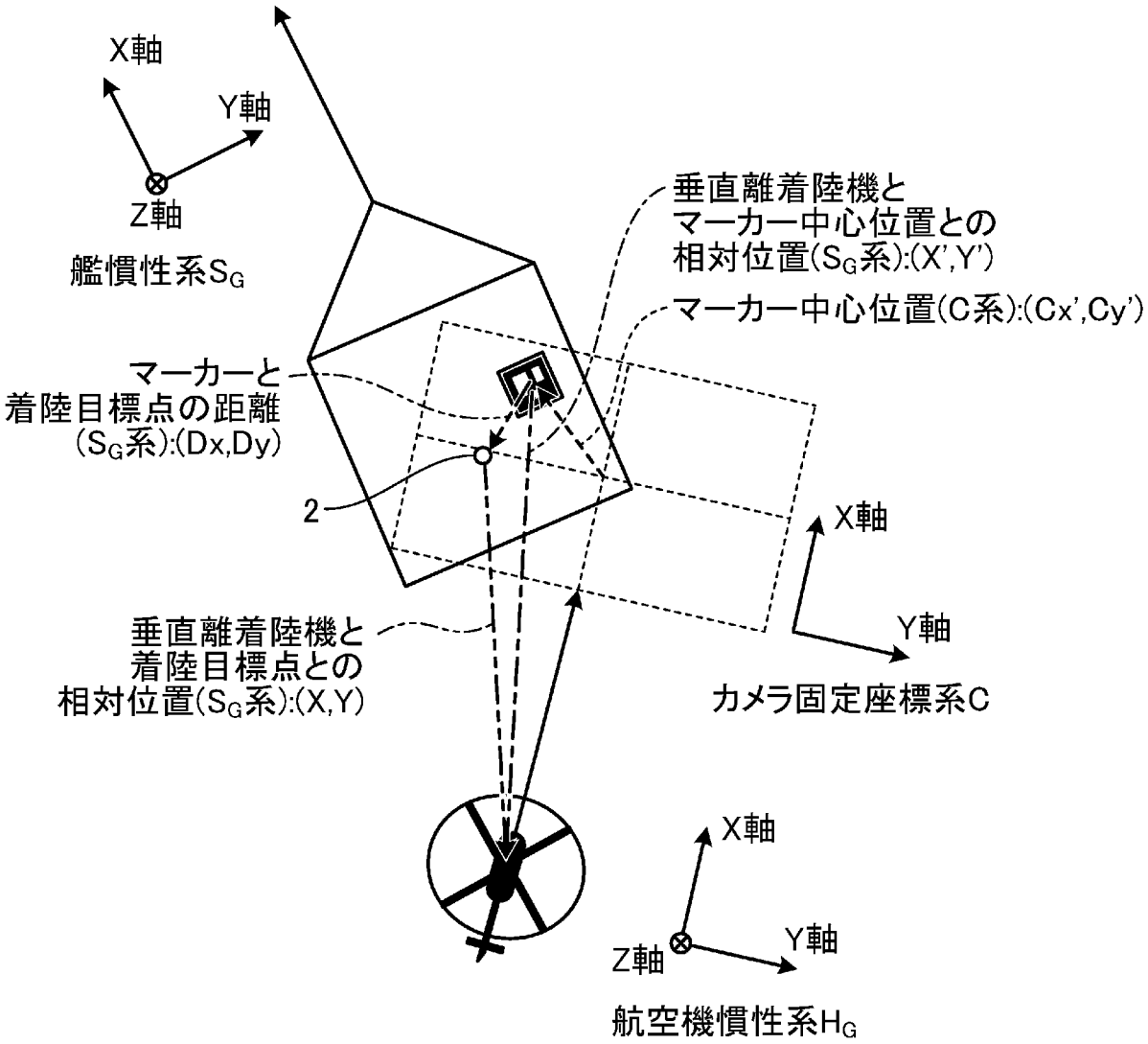
[図1]


1
30
100
32
画像処理部
34
誘導演算部
36
飛行制御部
20
航法装置
10
カメラ
40
データ伝送装置
25
高度センサ
7G
マーカ群
80
データ伝送装置
70
航法装置
5
90
操作表示部

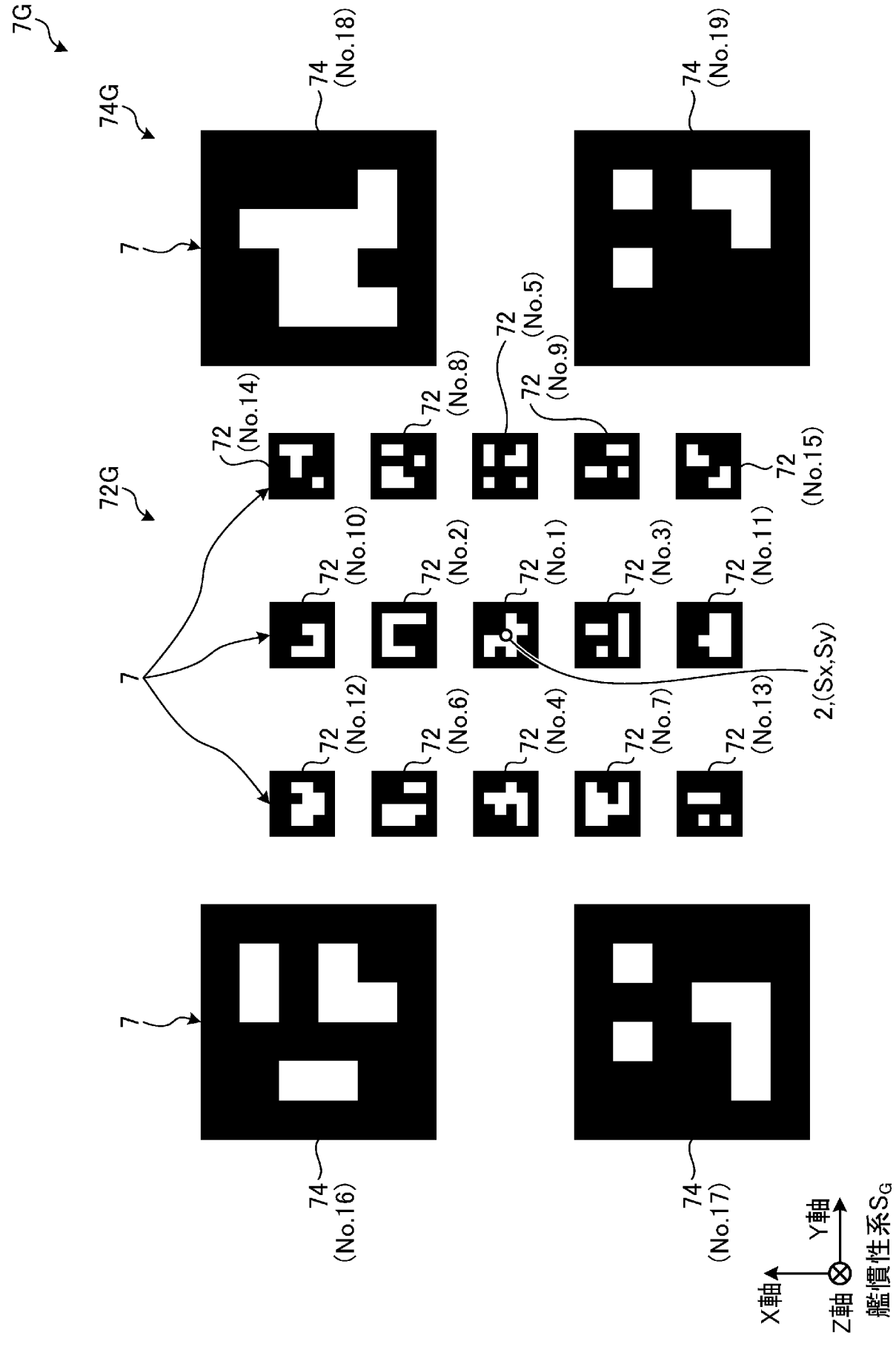
[図2]


1
相対位置(X,Y),(XGPS,YGPS)
航空機慣性系
Y
X
(機首方位)
Z
25
10
Δh1(Δh)
B
Δh2(Δh)
Δh3(Δh)
5
2,7G

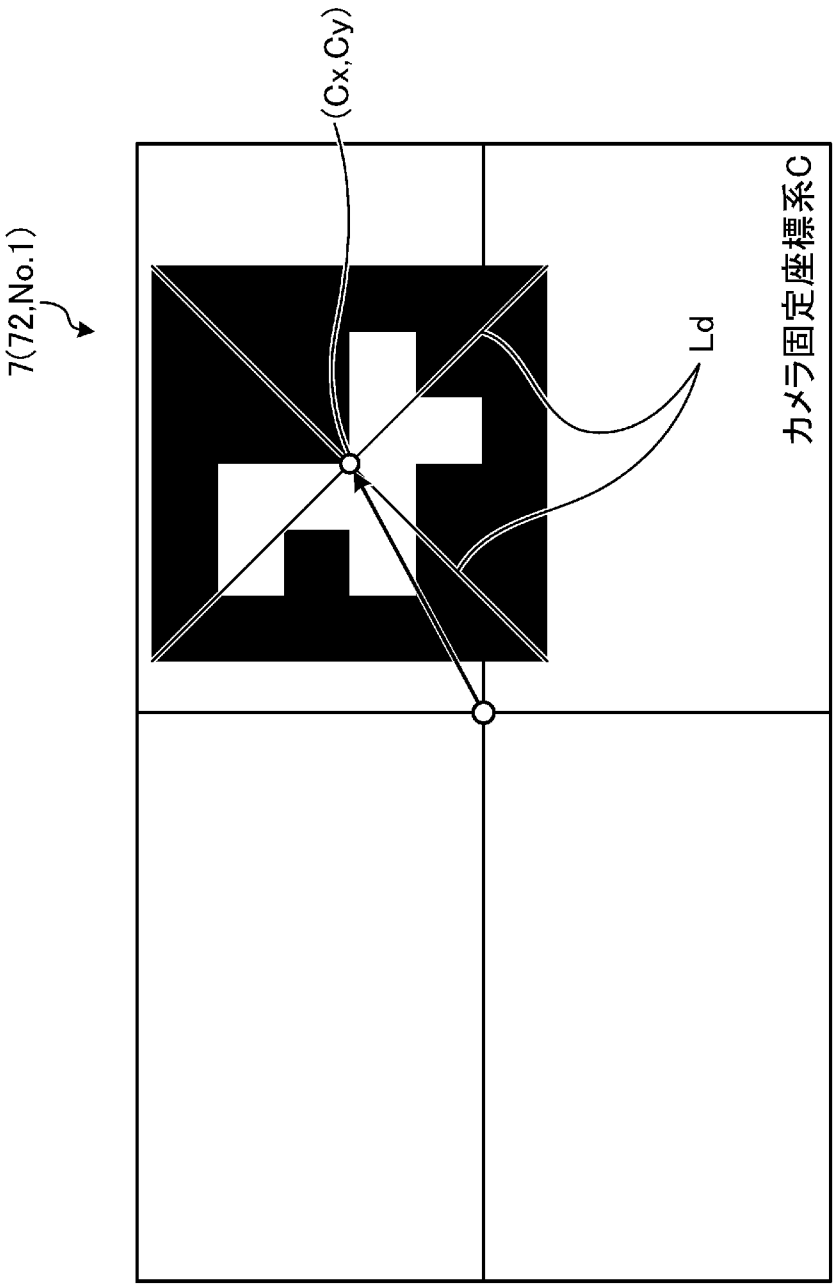
[図3]


X軸
Y軸
Z軸
艦慣性系S_G
垂直離着陸機と
マーカー中心位置との
相対位置(S_G系):(X',Y')
マーカー中心位置(C系):(Cx',Cy')
マーカーと
着陸目標点の距離
(S_G系):(Dx,Dy)
2
X軸
Y軸
垂直離着陸機と
着陸目標点との
相対位置(S_G系):(X,Y)
カメラ固定座標系C
X軸
Y軸
Z軸
航空機慣性系H_G

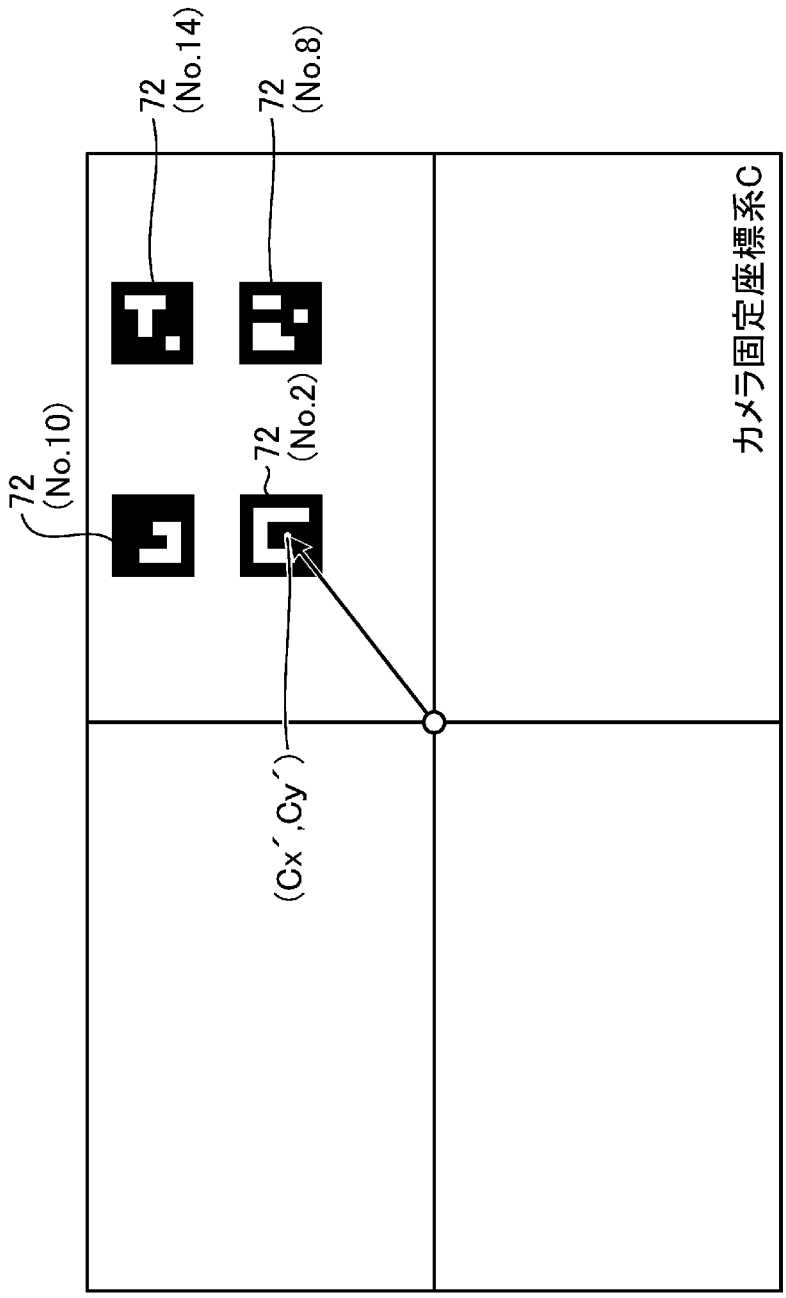
[図4]


7G
74G
72G
7
74 (No.18)
74 (No.19)
72 (No.14)
72 (No.8)
72 (No.5)
72 (No.9)
72 (No.15)
72 (No.10)
72 (No.2)
72 (No.1)
72 (No.3)
72 (No.11)
72 (No.12)
72 (No.6)
72 (No.4)
72 (No.7)
72 (No.13)
2,(Sx,Sy)
74 (No.16)
74 (No.17)
X軸
Y軸
Z軸
艦慣性系S_G

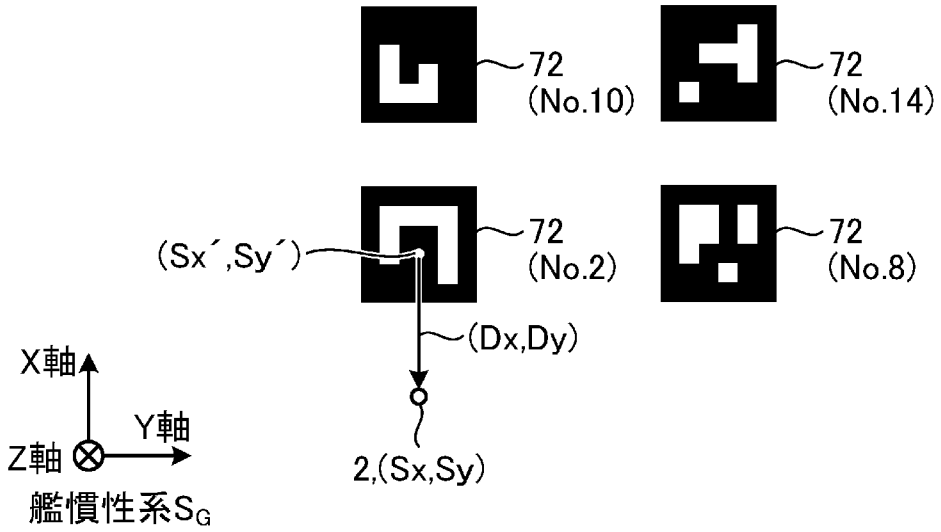
[図5]



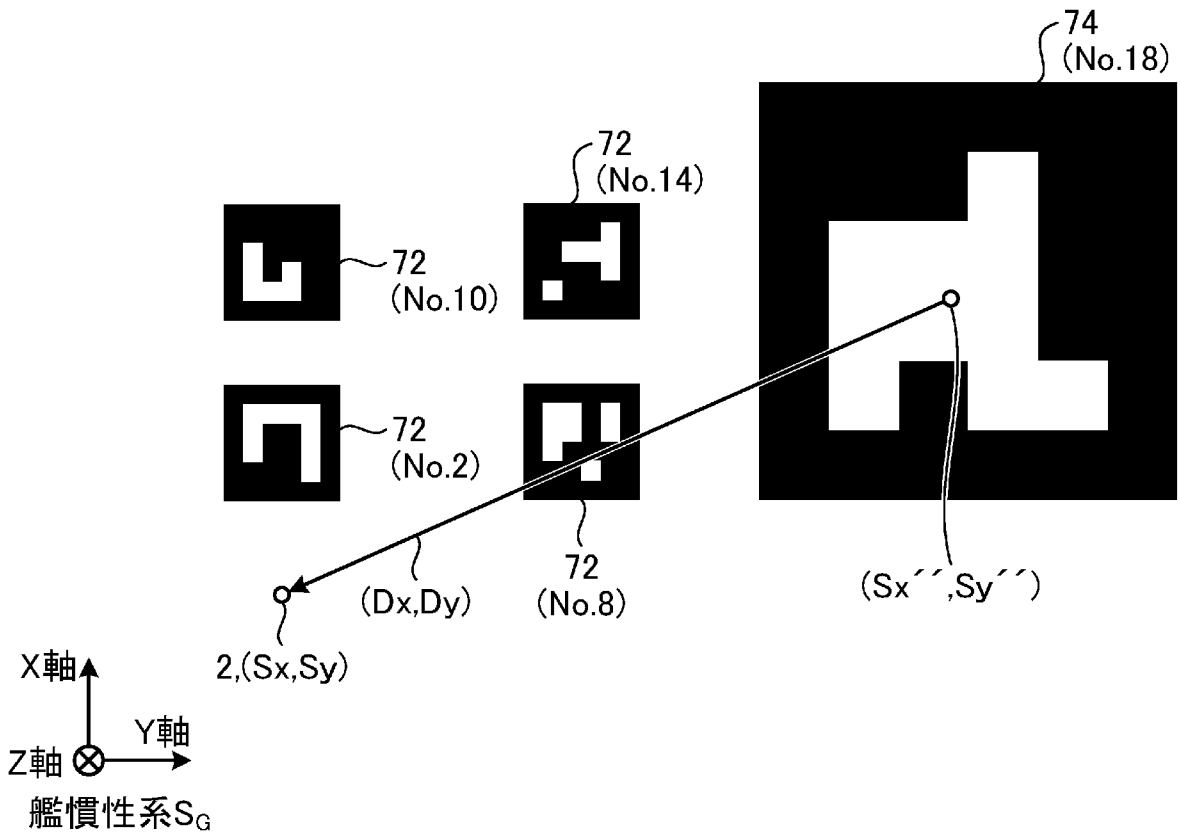
[図6]



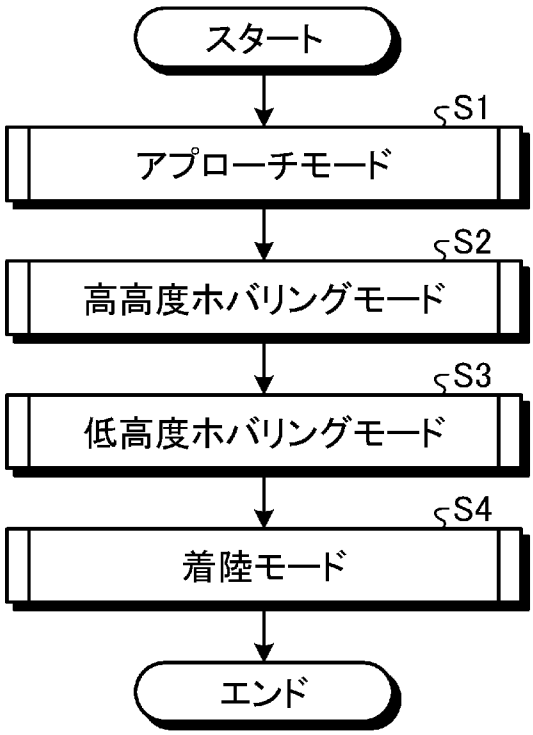
[図7]


72
(No.10)
72
(No.14)
(Sx´,Sy´)
72
(No.2)
72
(No.8)
(Dx,Dy)
X軸
Y軸
Z軸
2,(Sx,Sy)
艦慣性系S_G

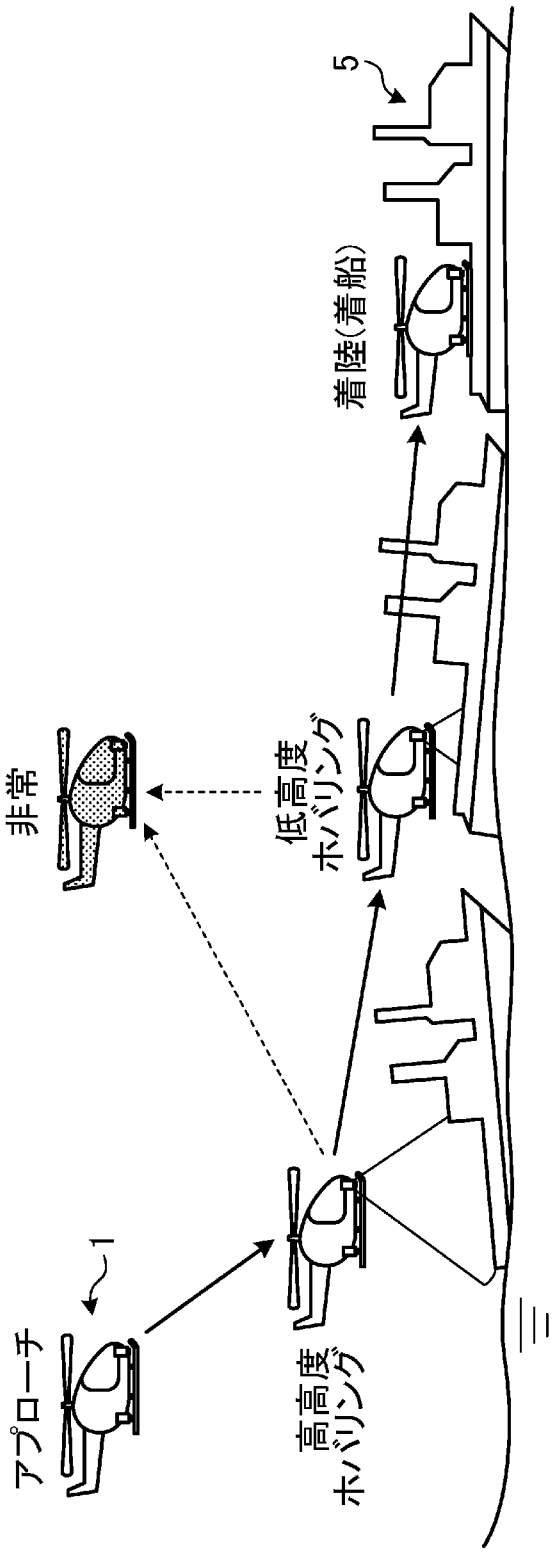
[図8]


74
(No.18)
72
(No.14)
72
(No.10)
72
(No.2)
72
(No.8)
(Dx,Dy)
(Sx´´,Sy´´)
2,(Sx,Sy)
X軸
Y軸
Z軸
艦慣性系S_G

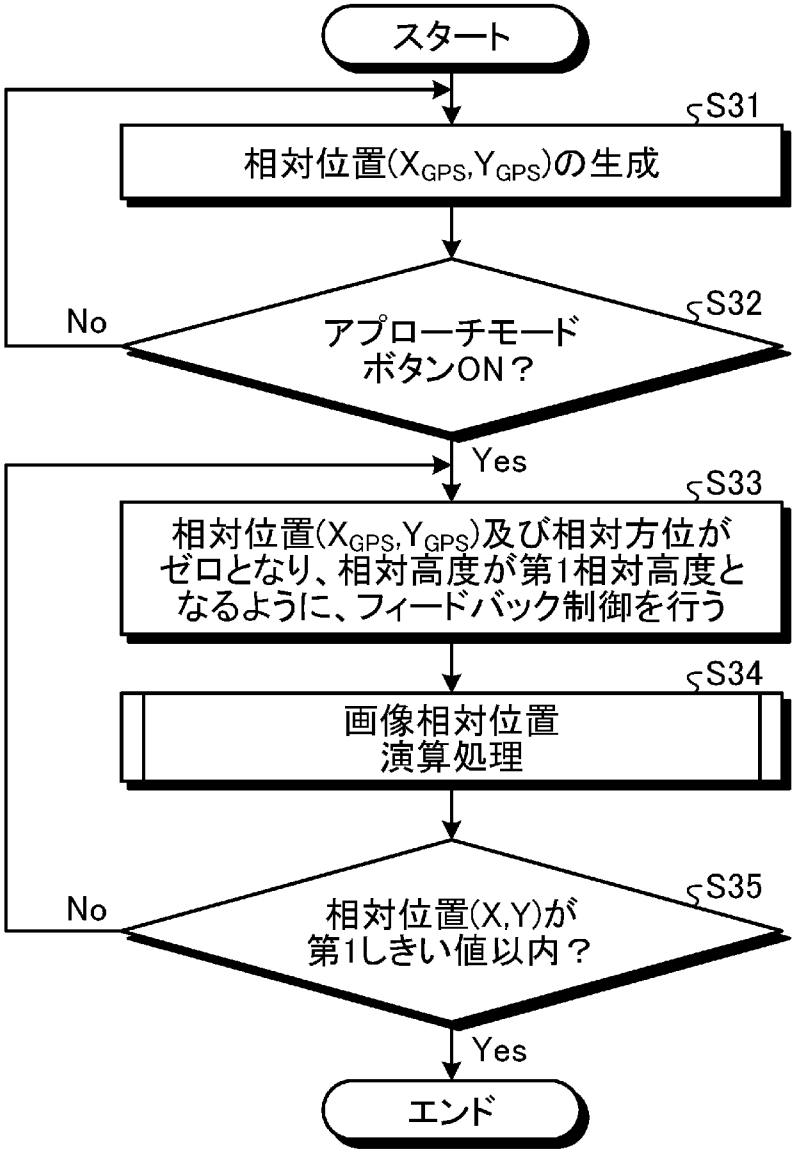
[図9]


スタート
S1
アプローチモード
S2
高高度ホバリングモード
S3
低高度ホバリングモード
S4
着陸モード
エンド

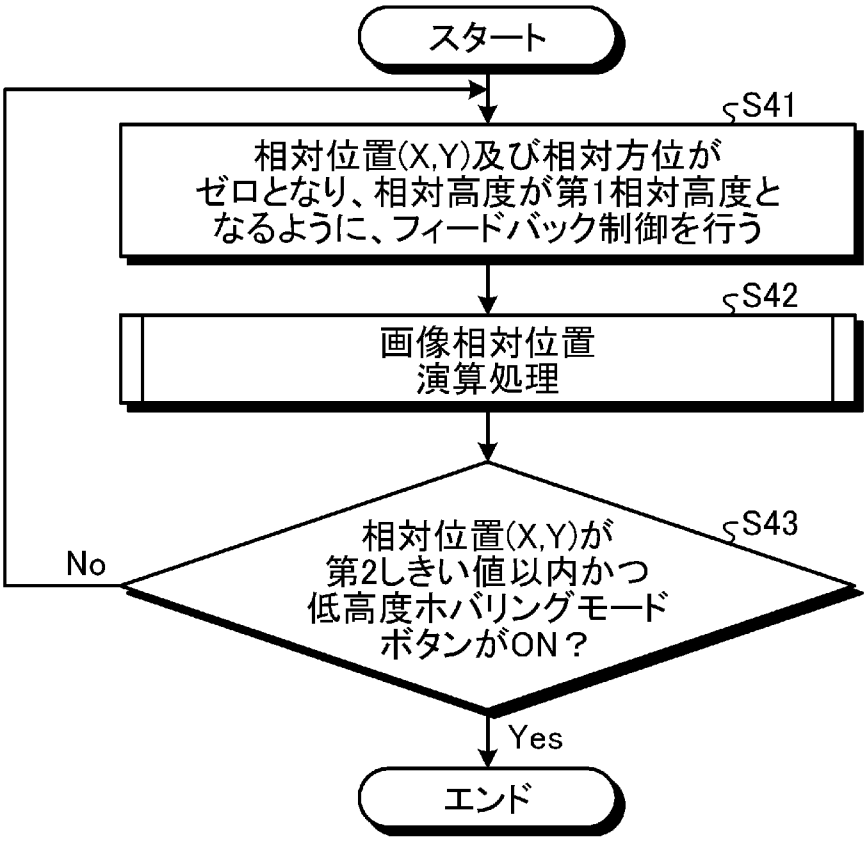
[図10]



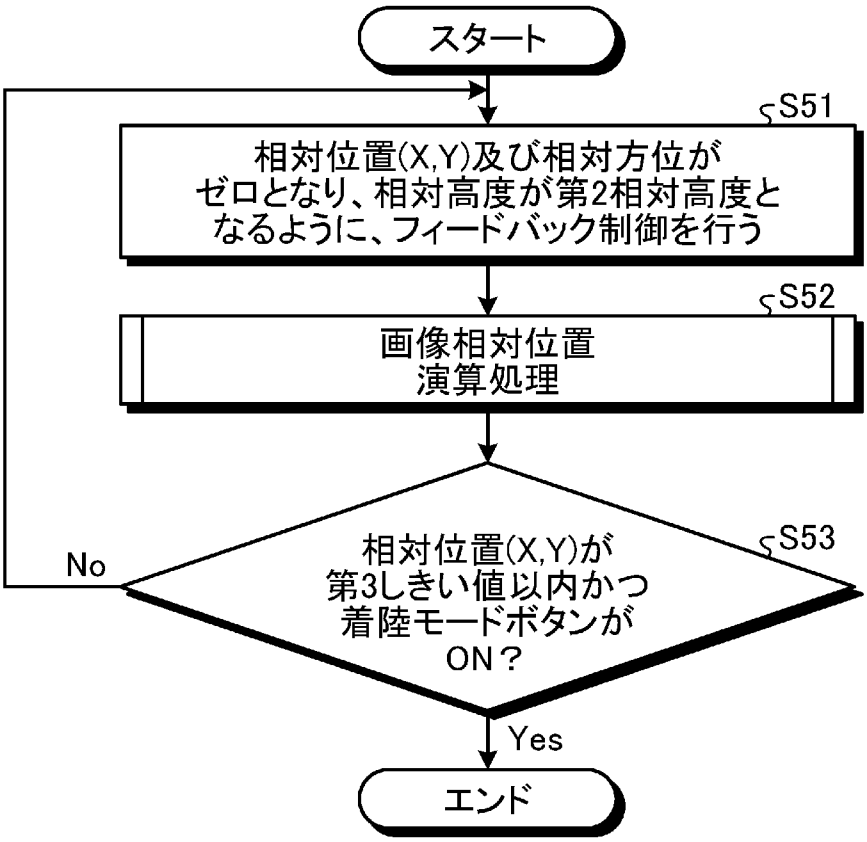
[図11]


スタート
S31
相対位置(X_{GPS},Y_{GPS})の生成
S32
アプローチモード
ボタンON？
No
Yes
S33
相対位置(X_{GPS},Y_{GPS})及び相対方位が
ゼロとなり、相対高度が第1相対高度と
なるように、フィードバック制御を行う
S34
画像相対位置
演算処理
S35
相対位置(X,Y)が
第1しきい値以内？
No
Yes
エンド

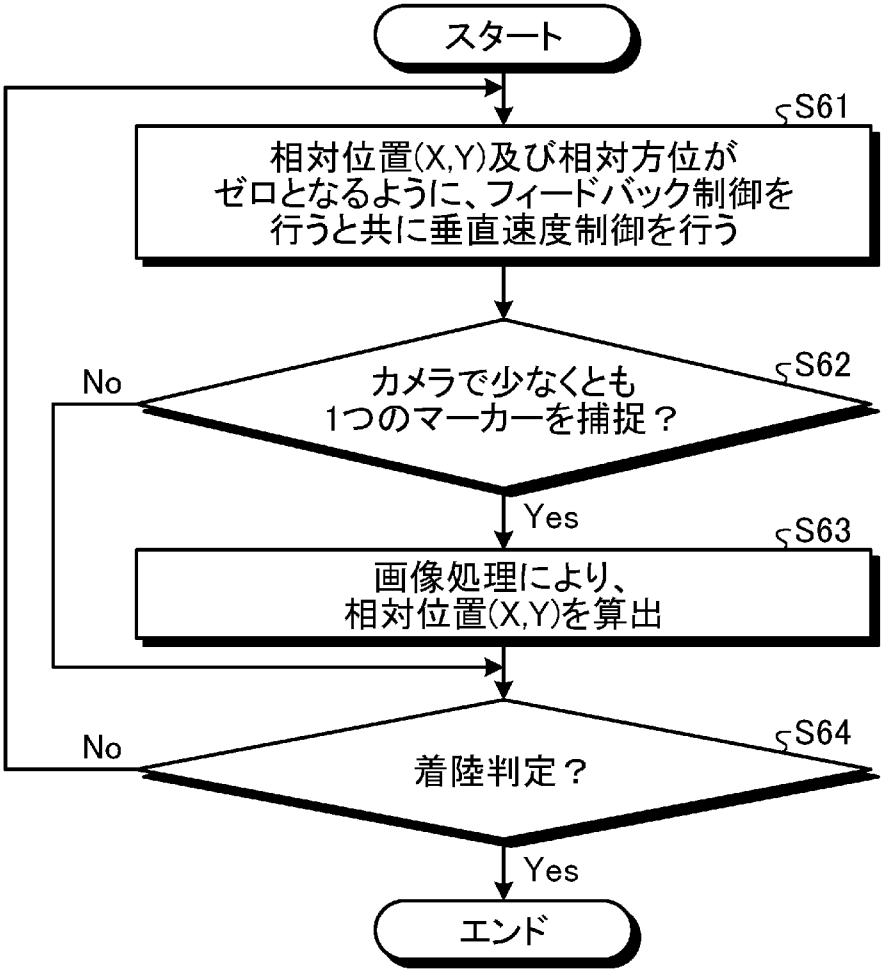
[図12]


スタート
S41
相対位置(X,Y)及び相対方位が
ゼロとなり、相対高度が第1相対高度と
なるように、フィードバック制御を行う
S42
画像相対位置
演算処理
S43
相対位置(X,Y)が
第2しきい値以内かつ
低高度ホバリングモード
ボタンがON？
No
Yes
エンド

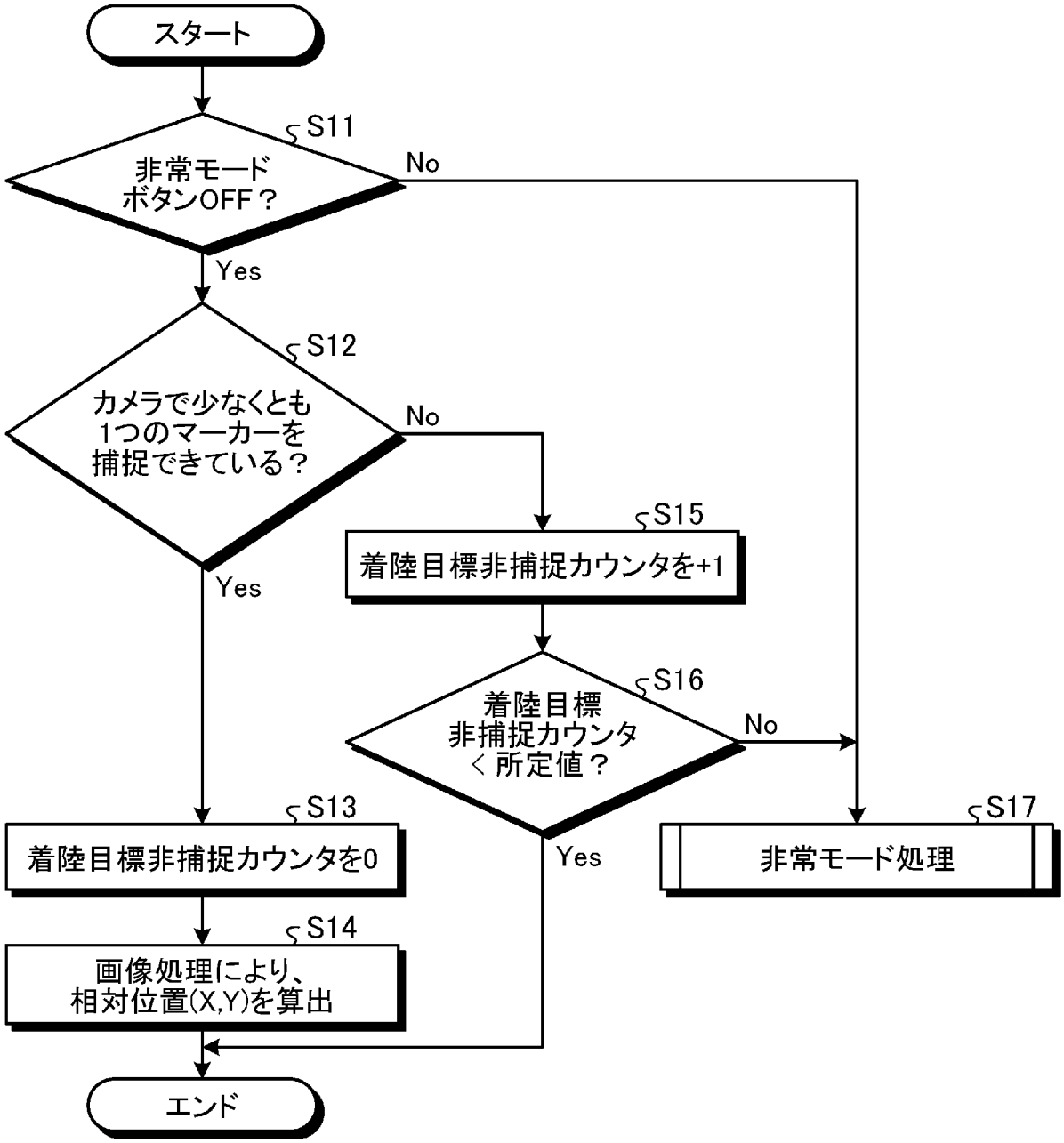
[図13]


スタート
S51
相対位置(X,Y)及び相対方位が
ゼロとなり、相対高度が第2相対高度と
なるように、フィードバック制御を行う
S52
画像相対位置
演算処理
S53
相対位置(X,Y)が
第3しきい値以内かつ
着陸モードボタンが
ON？
No
Yes
エンド

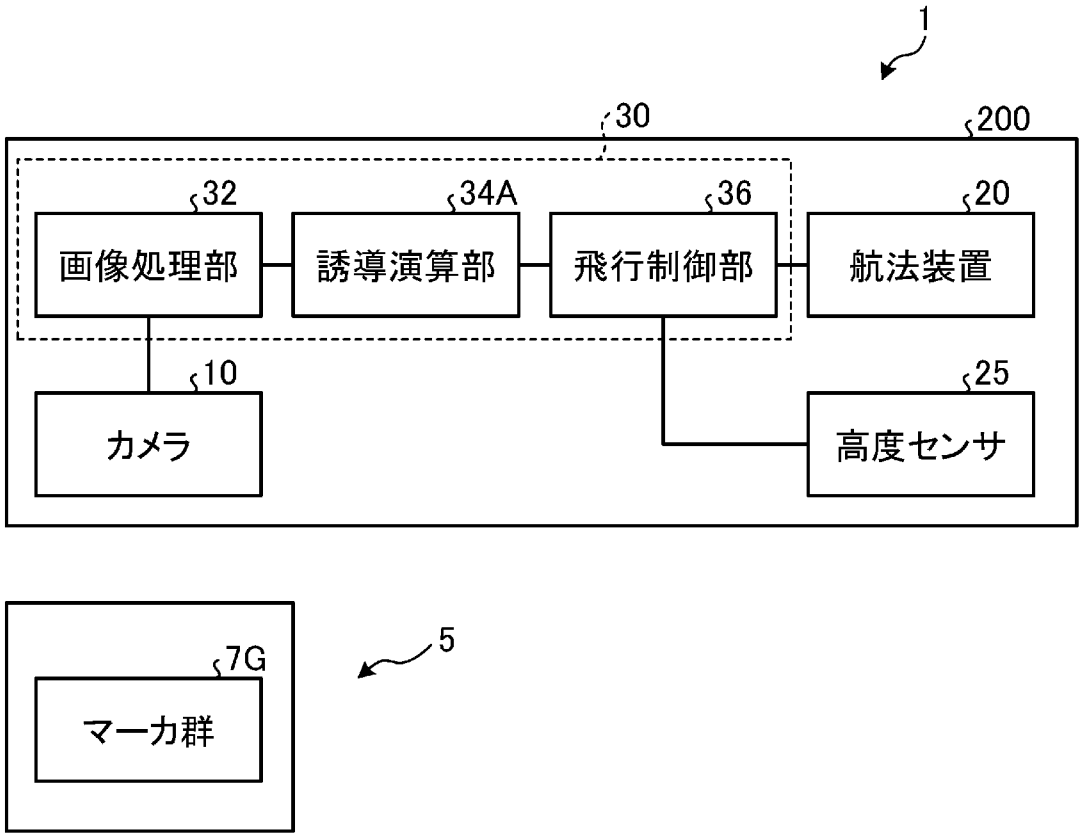
[図14]


スタート
S61
相対位置(X,Y)及び相対方位が
ゼロとなるように、フィードバック制御を
行うと共に垂直速度制御を行う
S62
No
カメラで少なくとも
1つのマーカーを捕捉？
Yes
S63
画像処理により、
相対位置(X,Y)を算出
S64
No
着陸判定？
Yes
エンド

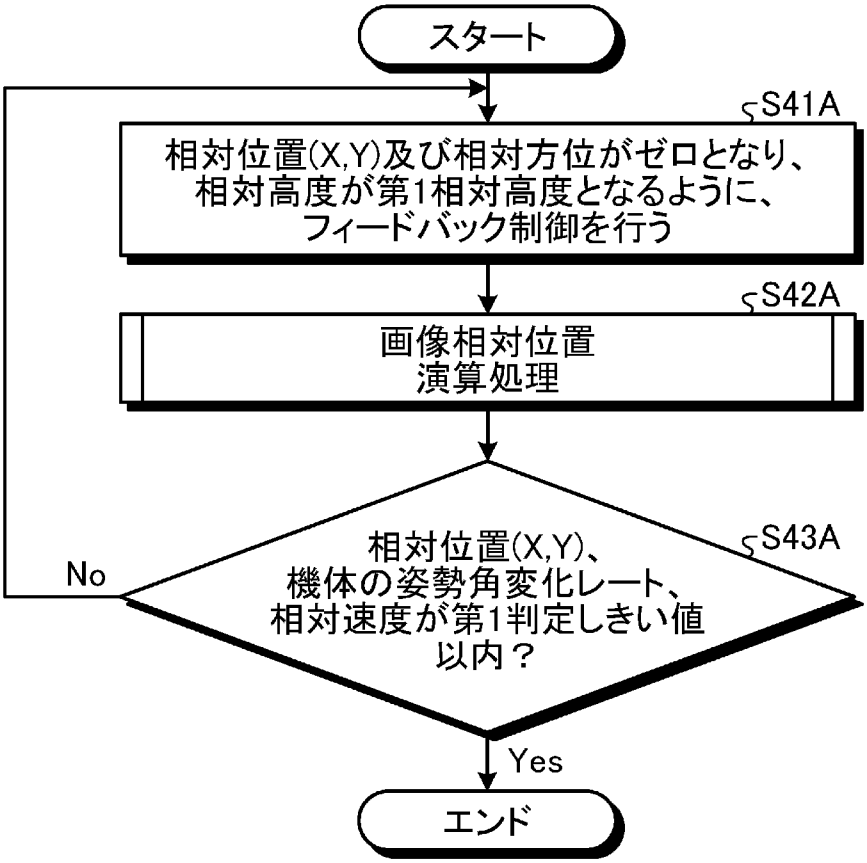
[図15]


スタート
S11
非常モード
ボタンOFF？
No
Yes
S12
カメラで少なくとも
1つのマーカーを
捕捉できている？
No
Yes
S15
着陸目標非捕捉カウンタを+1
S16
着陸目標
非捕捉カウンタ
＜所定値？
No
Yes
S13
着陸目標非捕捉カウンタを0
S14
画像処理により、
相対位置(X,Y)を算出
S17
非常モード処理
エンド

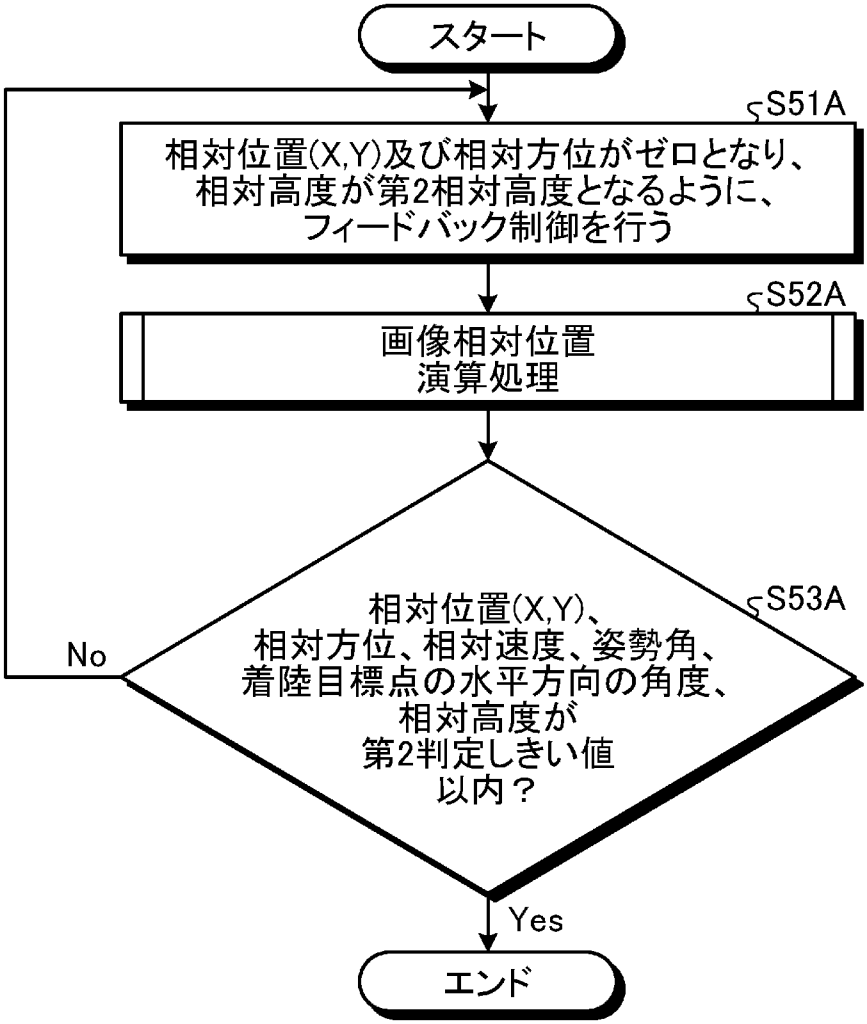
[図16]


1
30
200
32
画像処理部
34A
誘導演算部
36
飛行制御部
20
航法装置
10
カメラ
25
高度センサ
7G
マーカ群
5

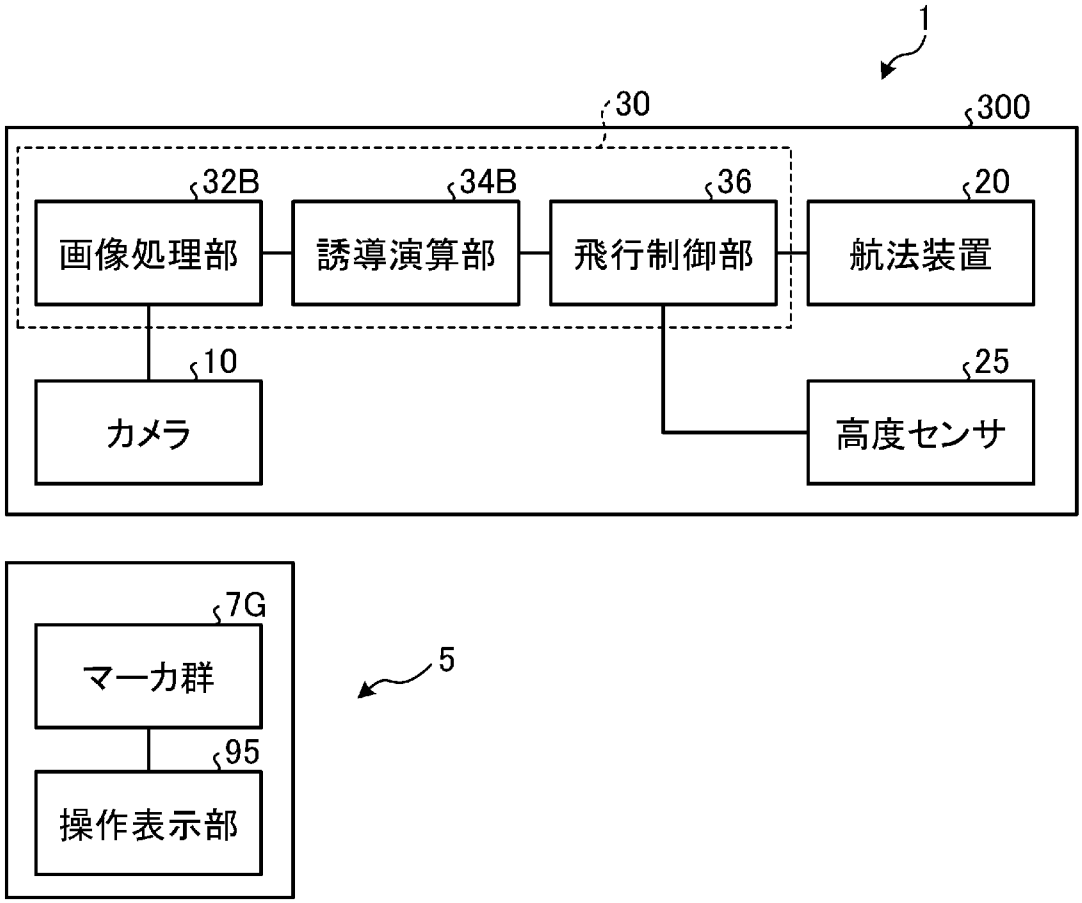
[図17]


スタート
S41A
相対位置(X,Y)及び相対方位がゼロとなり、
相対高度が第1相対高度となるように、
フィードバック制御を行う
S42A
画像相対位置
演算処理
S43A
相対位置(X,Y)、
機体の姿勢角変化レート、
相対速度が第1判定しきい値
以内？
No
Yes
エンド

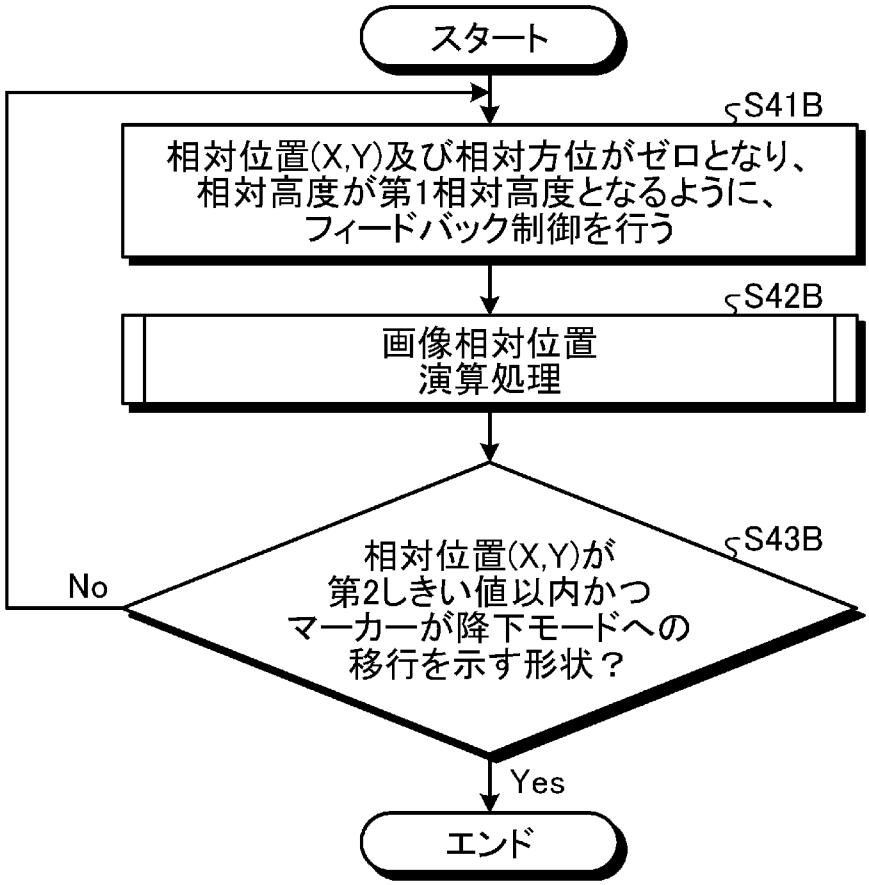
[図18]


スタート
S51A
相対位置(X,Y)及び相対方位がゼロとなり、
相対高度が第2相対高度となるように、
フィードバック制御を行う
S52A
画像相対位置
演算処理
S53A
相対位置(X,Y)、
相対方位、相対速度、姿勢角、
着陸目標点の水平方向の角度、
相対高度が
第2判定しきい値
以内？
No
Yes
エンド

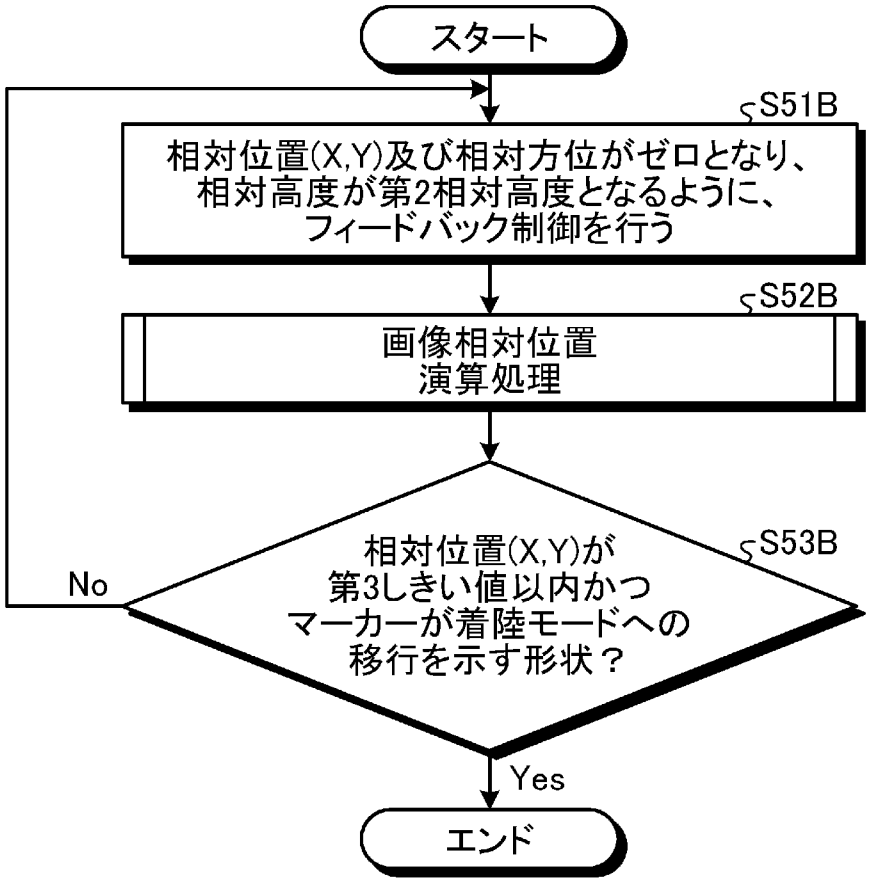
[図19]


1
30
300
32B
画像処理部
34B
誘導演算部
36
飛行制御部
20
航法装置
10
カメラ
25
高度センサ
7G
マーカ群
95
操作表示部
5

[図20]


スタート
S41B
相対位置(X,Y)及び相対方位がゼロとなり、
相対高度が第1相対高度となるように、
フィードバック制御を行う
S42B
画像相対位置
演算処理
S43B
相対位置(X,Y)が
第2しきい値以内かつ
マーカーが降下モードへの
移行を示す形状？
No
Yes
エンド

[図21]


スタート
S51B
相対位置(X,Y)及び相対方位がゼロとなり、
相対高度が第2相対高度となるように、
フィードバック制御を行う
S52B
画像相対位置
演算処理
S53B
相対位置(X,Y)が
第3しきい値以内かつ
マーカーが着陸モードへの
移行を示す形状？
No
Yes
エンド

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/IB2022/050229

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B64C 39/02(2006.01)i; ***B64D 45/08***(2006.01)i; ***B64D 47/08***(2006.01)i; ***G01B 11/00***(2006.01)i; ***B64F 1/18***(2006.01)i
FI: B64D45/08; B64D47/08; B64C39/02; G01B11/00 H; B64F1/18

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)

B64C39/02; B64D45/08; B64D47/08; G01B11/00; B64F1/18

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.
X	WO 2019/175994 A1 (NEC CORP.) 19 September 2019 (2019-09-19) paragraphs [0014]-[0075], fig. 1-10	1-4, 6-7
A		5
A	WO 2019/175993 A1 (NEC CORP.) 19 September 2019 (2019-09-19)	1-7
A	US 2016/0122038 A1 (SINGULARITY UNIVERSITY) 05 May 2016 (2016-05-05)	1-7
A	JP 2017-534869 A (AMAZON TECHNOLOGIES, INC.) 24 November 2017 (2017-11-24)	1-7
A	US 2020/0130864 A1 (CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 30 April 2020 (2020-04-30)	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	Date of mailing of the international search report
09 March 2022	**22 March 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/IB2022/050229

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2019/175994 A1	19 September 2019	US 2020/0401163 A1 paragraphs [0031]-[0099], fig. 1-10	
WO 2019/175993 A1	19 September 2019	US 2021/0031945 A1	
US 2016/0122038 A1	05 May 2016	(Family: none)	
JP 2017-534869 A	24 November 2017	US 2016/0124431 A1 WO 2016/069587 A1 EP 3213262 A1	
US 2020/0130864 A1	30 April 2020	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/IB2022/050229

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B64C 39/02(2006.01)i; B64D 45/08(2006.01)i; B64D 47/08(2006.01)i; G01B 11/00(2006.01)i; B64F 1/18(2006.01)i
FI: B64D45/08; B64D47/08; B64C39/02; G01B11/00 H; B64F1/18

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））

B64C39/02; B64D45/08; B64D47/08; G01B11/00; B64F1/18

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	１９７１－２０２２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

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	WO 2019/175994 A1 (日本電気株式会社) 19.09.2019 (2019-09-19) 段落[0014]-[0075], 図1-10	1-4, 6-7
A		5
A	WO 2019/175993 A1 (日本電気株式会社) 19.09.2019 (2019-09-19)	1-7
A	US 2016/0122038 A1 (SINGULARITY UNIVERSITY) 05.05.2016 (2016-05-05)	1-7
A	JP 2017-534869 A (アマゾン テクノロジーズ インコーポレイテッド) 24.11.2017 (2017-11-24)	1-7
A	US 2020/0130864 A1 (CALIFORNIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 30.04.2020 (2020-04-30)	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	国際調査報告の発送日
09.03.2022	22.03.2022

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）
諸星　圭祐 3D 5784

電話番号 03-3581-1101 内線 3339

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/IB2022/050229

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2019/175994 A1	19.09.2019	US 2020/0401163 A1 段落[0031]-[0099], 図1-10	
WO 2019/175993 A1	19.09.2019	US 2021/0031945 A1	
US 2016/0122038 A1	05.05.2016	（ファミリーなし）	
JP 2017-534869 A	24.11.2017	US 2016/0124431 A1 WO 2016/069587 A1 EP 3213262 A1	
US 2020/0130864 A1	30.04.2020	（ファミリーなし）	